



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

**VYHODNOCOVÁNÍ ÚROVNĚ STRESU PILOTA PŘI
PŘISTÁNÍ S VYUŽITÍM NOSITELNÉ ELEKTRONIKY**

EVALUATION OF THE PILOT'S STRESS LEVEL DURING LANDING USING A WEARABLE ELECTRONICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Muschalík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Miroslav Šplíchal, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav: Letecký ústav
Student: **Bc. David Muschalik**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Letecký provoz
Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Šplíchal, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vyhodnocování úrovně stresu pilota při přistání s využitím nositelné elektroniky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je prakticky ověřit možnost využití chytrých hodinek, fitness pásů nebo jiných běžně komerčně vyráběných senzorů, k objektivnímu zjišťování úrovně stresu prožívaného pilotem. Výstupem práce by měla být metodika, jak takovéto měření provádět.

Cíle diplomové práce:

Přiblížit možnosti měření úrovně stresu objektivními metodami.
Návrh metodiky měření stresu komerčně dostupnými elektronickými zařízeními.

Seznam doporučené literatury:

Labrador, Miguel A.: Human activity recognition :using wearable sensors and smartphones /Miguel A. Labrador, Oscar D. Lara Yejas., Boca Raton :CRC Press,2014, 187 stran, Chapman & Hall/CRC. Computer & information science series, ISBN: 978-1-4665-8827-1.

Lawanont, Worawat & Mongkolnam, Pornchai & Nukoolkit, Chakarida & Inoue, Masahiro. (2019). Daily Stress Recognition System Using Activity Tracker and Smartphone Based on Physical Activity and Heart Rate Data. ISBN: 978-3-319-92028-3_2.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na možnosti objektivního měření stresu. Jsou v ní volené parametry, které jsou vhodné pro měření běžně dostupnou nositelnou elektronikou. Stanovuje metodiku měření stresu těmito zařízeními, kterou následně ověřuje experimentem se studenty leteckých škol. Slouží jako proof of concept pro podobná měření při dalších výzkumech, nebo v leteckých školách.

Klíčová slova

Stres, Vyhodnocení stresu, Nositelná elektronika, Pilot, Přistání, Tepová frekvence

Abstract

The thesis focuses on the possibilities of objective stress measurement. It chooses parameters that are suitable for measurement by commonly available wearable electronics. It establishes a methodology for measuring stress using these devices, which it then verifies by conducting experiments with flight school students. It serves as proof of concept for similar measurements in further research or in flight schools.

Key words

Stress, Evaluation of stress Wearable electronics, Pilot, Landing, Heart rate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MUSCHALIK, David. *Vyhodnocování úrovně stresu pilota při přistání s využitím nositelné elektroniky*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/133183>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí práce Miroslav Šplíchal.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 21. května 2021

.....

podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Miroslavu Šplíchalovi, Ph.D., za rady, trpělivost a odborné vedení při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval instruktorům Zdeňkovi Sedláčkovi a Martinu Ožanovi, kteří přispěli cennými radami a svým časem při tvorbě této práce. V neposlední řadě děkuji mé rodině, která mě podporovala během celého studia.

Obsah

Úvod.....	15
Metodika řešení práce	16
1. Stres	17
1.1. Pojetí stresu	17
1.1.1. Kognitivně-transakční model stresu	17
1.2. Druhy stresu	18
1.2.1. Mentální saturace	18
1.2.2. Distres.....	18
1.3. Odolnost vůči stresu	19
1.3.1. Preventivní metody.....	20
1.4. Vliv stresu na člověka	20
1.5. Vliv stresu na pilota	21
1.5.1. Vliv na výkonnost	23
1.5.2. Vliv na paměť	23
1.5.3. Vliv na vnímání	24
1.5.4. Vliv na pozornost	25
1.5.5. Vliv na rozhodování	25
1.5.6. Vliv na reakce.....	25
1.5.7. Vliv na komunikaci	26
1.6. Měření úrovně stresu	27
1.6.1. Subjektivní metody.....	27
1.6.2. Fyziologické metody	28
1.7. Zvolení sledovaného parametru	34
2. Nositelná elektronika – Wearables	35
2.1. Funkcionalita.....	35

2.1.1.	Měření tepu.....	35
2.1.2.	EKG.....	36
2.1.3.	Pulzní oxymetr	37
2.1.4.	Měření stresu	37
2.1.5.	Pilotní funkce	37
2.2.	Použití nositelné elektroniky.....	38
2.2.1.	Monitorování zdraví	38
2.2.2.	Využití wearables v letectví	39
2.3.	Použitá zařízení	39
2.3.1.	Xiaomi Mi Band 5.....	40
2.3.2.	Apple Watch SE	41
3.	Realizace experimentu	43
3.1.	Dotazník	43
3.1.1.	Výsledky dotazníku.....	44
3.2.	Metodika měření	47
3.3.	Průběh měření	49
3.4.	Pilot č. 1	50
3.4.1.	Informace o posádce.....	50
3.4.2.	Letadlo.....	51
3.4.3.	Letiště	51
3.4.4.	Meteorologické podmínky	52
3.4.5.	Průběh letu.....	52
3.4.6.	Naměřené hodnoty	52
3.4.7.	Vyhodnocení dat.....	59
3.5.	Pilot č. 2	62
3.5.1.	Informace o posádce.....	62

3.5.2. Letadlo.....	63
3.5.3. Letiště	63
3.5.4. Meteorologické podmínky	64
3.5.5. Průběh druhého letu.....	64
3.5.6. Naměřené hodnoty	64
3.5.7. Vyhodnocení dat.....	70
3.6. Pilot č. 3	72
3.6.1. Informace o posádce.....	72
3.6.2. Letadlo.....	73
3.6.3. Letiště	73
3.6.4. Meteorologické podmínky	74
3.6.5. Průběh letu.....	74
3.6.6. Naměřené hodnoty	74
3.6.7. Vyhodnocení dat.....	81
Závěr	83
Seznam použité literatury.....	85
Seznam použitých zkratk	91
Seznam obrázků	92
Seznam tabulek	92
Seznam grafů.....	93
Přílohy.....	95

Úvod

Lidský činitel je jednou z hlavních příčin leteckých nehod. [1] Z tohoto důvodu existuje řada výzkumů, které se zabývají pochopením toho, jak člověk funguje a jak zlepšit jeho interakci se stále složitějšími systémy. Jednou z oblastí, na které se tyto výzkumy zaměřují, je i zkoumání stresové zátěže. Je známo, že stres má významný vliv na rozhodovací schopnosti a může přispívat k jejich snížení. Bylo také zjištěno, že studenti leteckých škol mohou při výcviku zažívat podobné úrovně stresu jako vojenští piloti při letu. [2] Tato práce je zaměřena na prozkoumání možností objektivního měření stresu pilota při přistání pomocí chytrých hodinek a jiné volně dostupné elektroniky, nositelné na těle. Tato zařízení jsou již běžně dostupná široké veřejnosti a mají značný rozsah sledovaných životních funkcí. Je předpoklad, že by tento výzkum mohl pomoci v přizpůsobení výcvikového programu jednotlivým studentům.

Práce se nejprve zaměřuje na stres jako takový a na jeho vliv na člověka. Pro samotný experiment je důležitá zejména část zabývající se subjektivními a objektivními metodami měření úrovně stresu. Získané poznatky budou rozhodující pro zvolení konkrétního monitorovaného ukazatele. Další kapitola se věnuje nositelné elektronice, senzorům, kterými disponuje a jejím potenciálem pro využití v letectví. Zároveň určuje přístroje, které budou využity při tvorbě metodiky měření. V následující kapitole je proveden experiment pro ověření stanovené metodiky. Z důvodu vysoké náročnosti těchto měření a nedostatku zdrojů byl před jeho zahájením vytvořen dotazník, který sloužil k lepšímu pochopení stresorů působících na piloty a vytvoření vhodnějšího měření. Zároveň, pro snížení nákladů, byla využita spolupráce s leteckými školami a jejich studenty, kteří byli ochotni se měření účastnit.

Cíle této práce jsou jednak přiblížit možnosti měření úrovně stresu objektivními metodami a současně návrh metodiky měření stresu komerčně dostupnými elektronickými zařízeními.

Metodika řešení práce

Na základě prostudovaných prací s obdobným zaměřením, byly vybrány veličiny, které jsou snadno měřitelné komerčně dostupnými prostředky. Mezi tyto veličiny patří dechová frekvence nebo srdeční aktivita. Pro realizaci experimentu bylo zvoleno měření tepové frekvence. Zároveň bylo potřeba zvolit měřicí zařízení. S ohledem na finanční i personální možnosti této práce byl pro měření zvolen chytrý náramek Xiaomi Mi Band 5 a hodinky Apple Watch SE. Samotný experiment sloužil k ověření vybraných zařízení a stanovené metodiky měření.

Účastníky experimentu se stali studenti leteckých škol, kteří byli ochotni se na výzkumu podílet. Tím bylo umožněno provést několik měření přímo v letadle. Zároveň se jedná o skupinu pilotů, která by z tohoto výzkumu mohla mít významný přínos.

Pilotům byla zvolená zařízení umístěna na zápěstí a byla zaznamenána data o daném pilotovi. Piloti vyplnili dotazníky, které sloužily k posouzení životních stresorů, které na ně působí. Následně proběhl let, během kterého zařízení měřilo tepovou frekvenci, a instruktor posuzoval kvalitu přistání. Po letu byli letci dotázáni na jimi vnímaný stres během fáze letu a jejich odpovědi byly porovnány s naměřenými hodnotami tepové frekvence. Nakonec byla naměřená data vyhodnocena a byl posouzen vliv stresu na přistání.

1. Stres

Stres je dlouhodobě probíraným tématem naší moderní společnosti. Neexistuje však jednoduchá definice stresu jako takového a pro lepší pochopení výsledků je potřeba si určit, co je v této práci myšleno pod pojmem stres. Ačkoliv existuje i jiný stres, například ve strojírenství označovaný jako únavové poškození, bude se tato práce zabývat pouze psychofyziologickým stresem působícím na člověka. V nejširším slova smyslu lze tento stres definovat jako tlak nebo napětí působící na organismus. [3] Vyvolává soubor reakcí organismu na vnitřní nebo vnější podněty narušující normální funkce toho organismu do té míry, že ohrožují jeho existenci. Konkrétněji se dá říct, že stres vzniká, když nastal rozdíl mezi požadavky na jedince a jím samotným předpokládanými schopnostmi. Jedná se o cokoliv, co ohrožuje přirozenou rovnováhu systému (homeostázi). [4] Může být fyzický (nemoci, úrazy apod.), emoční (např. smutek) a psychologický (strach, úzkost apod.), nejčastěji je však kombinací všech. Vlivy spouštějící stresovou reakci se nazývají stresory. [3; 5]

1.1. Pojetí stresu

Od počátku 50. a 60. let 20. století se zkoumáním stresu zabývalo mnoho osob, které vytvořili různé modely stresu. Jako příklad lze uvést model podle stimulů, zaměřující se na vnější vlivy, nebo model podle reakce, který se soustředí spíše na vnější pochody. Pozdější modely jsou však považovány za přesnější při popisu celkového stresu zažívaného jedincem, a proto tato práce uvažuje s kognitivně transakčním modelem stresu. [3]

1.1.1. Kognitivně-transakční model stresu

Jedná se o nejmodernější pojetí stresu. Tento model neuvažuje stres pouze jako vnitřní, nebo vnější faktory, ale jako kombinaci vnitřních a vnějších faktorů zároveň. Ačkoliv existuje více přístupů, je tento model celkově přesnější. Soustředí se na jedincem vnímané požadavky, schopnosti přizpůsobit se a vnímanou důležitost přizpůsobení se. Neplatí tak, že pokud je rozdíl mezi schopnostmi jedince a požadavky kladenými na něj velký, je zároveň velká i úroveň stresu. Pokud je nízké riziko, vznikající z nedostatku schopností, může být také úroveň stresu nízká. Díky tomuto přístupu se jedná o model,

který popisuje nejkompletněji pravou úroveň stresu a umožňuje tak co nejlépe posoudit krátkodobé i dlouhodobé účinky vznikající z něj. [3]

1.2. Druhy stresu

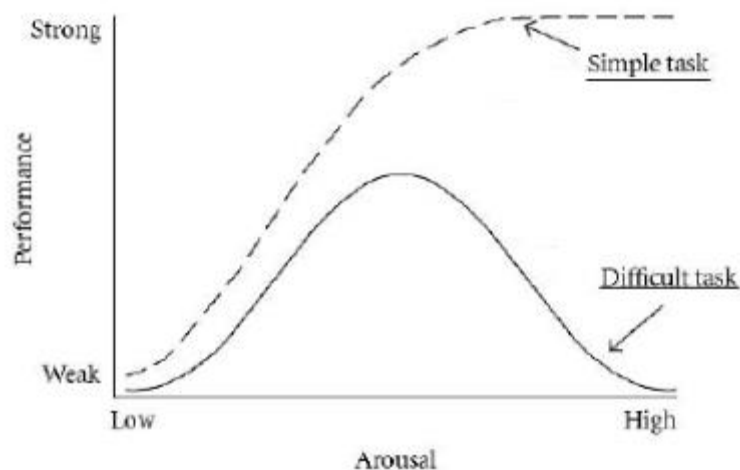
Stres není binární. Nejedná se o vliv, který buď je, nebo není, ale má různé úrovně intenzity. Podle úrovně může být pozitivní, nebo negativní. Pozitivní stres je označován jako *eustres*. Negativní stres se pak označuje jako *distres*. Hranici mezi těmito druhy stresu určuje úroveň *mentální saturace*. [5; 6]

1.2.1. Mentální saturace

Mentální saturace je bod, při kterém je dosažena maximální schopnost vnímání vjemů. Jakékoliv navyšování stresu za tento bod vede ke snížení výkonnosti a má již negativní důsledky. Je pro každého jedince rozdílná a může se v průběhu času měnit. S postupným přibližováním se k úrovni saturace může docházet k neschopnosti efektivně vykonávat přidělené činnosti nebo zvýšenému množství chyb při vykonávané činnosti. [7]

1.2.2. Distres

Distres je opakem eustresu. Označuje se jako negativní nebo špatný stres, protože negativně ovlivňuje schopnost vypořádávat se s přidělenými činnostmi. Dochází ke zhoršení soustředění, vynechání různých vjemů, zvýšené iritabilitě a dalším negativním reakcím. Distres se dále dělí na akutní a chronický stres. Při přistání působí na jedince-pilota převážně akutní stres. [5; 6]



Obrázek 1.2.2.1: Grafické znázornění závislosti výkonnosti na stresu s ohledem na čas (Yerkesův-Dodsonův zákon) [20]

Akutní stres

Primárním stresem, který se projevuje při přistání, je akutní stres. Akutní stres má krátkodobé trvání. Příkladem akutního stresu může být dopravní zácpa na cestě do práce. Lidský organismus je relativně dobře adaptovaný na tento druh stresu a je schopný se s ním vyrovnat a zotavit se z něj. Fyziologické, emoční i psychické parametry se relativně rychle vrátí na původní hodnoty. Při akutním stresu dochází k aktivaci *fight or flight* (případně *freeze*) reakce. [5; 6]

Chronický stres

Chronický stres může vznikat ze stejného zdroje jako akutní stres, projevuje se však dlouhodobým trváním. Například dopravní zácpa pro řidiče z povolání. S chronickým stresem se lidský organismus hůř vyrovnává. Fyziologické parametry zůstávají déle v nových rozsazích a mohou se dokonce vytvořit nové normály (např. zvýšený krevní tlak), což může vést k řadě zdravotních problémů. Dochází k postupnému vyčerpání zdrojů organismu. [5; 6]

1.3. Odolnost vůči stresu

V běžném životě zažíváme všichni několik stresových situací na denní bázi. Každý jedinec má individuální schopnost odolávat stresu. Jeho míru narušení výkonu v zátěži určuje osobnostní charakteristika: *psychická odolnost jedince*. Vyrovnávání se

s vlivy stresu je do jisté míry dáno genetickými předpoklady a zážitky, které jsme prožili v raném dětství. Existují však i metody, které je možné si osvojit. [8] Pro správné zvládání těchto situací a pro udržení tělesného i duševního zdraví je vhodné se tyto metody naučit. Stejně jako u jiných nemocí i u stresu se možnosti jeho zvládání dělí na dvě základní skupiny. První skupinou jsou preventivní metody. Umožňují snížit vliv stresorů na organismus jedince tím, že budeme stresory mítet nebo na ně budeme lépe připraveni. Druhou skupinu pak tvoří reaktivní opatření, která využíváme až poté, co se úroveň stresu zvedla. Pro získání nejlepších výsledků je doporučet vyžití obou metod. [5]

1.3.1. Preventivní metody

Preventivní metody jsou praktikovány před tím, než dojde k vystavení organismu stresu. Mají pomoci snížit účinky stresoru. Jedná se o souhrn činností a principů, které jsou aplikovány jedincem, nebo společností pro prevenci distresu. Příklady těchto činností, které může jedinec implementovat, jsou pravidelná fyzická činnost, zlepšení životního stylu (nekouřit, nepít alkohol, atp.), zlepšení kvality spánku, stanovení si dosažitelných cílů a naučení se relaxačním metodám (např. Jacobsovu metodu, autogenní metody a další). Další velmi účinnou, ačkoliv často složitě proveditelnou, metodou je změna úhlu pohledu na nastalé situace, kterým je jedinec neustále vystaven. Tím si uvolní zdroje pro zvládání náhlých stresových situací. Při důsledném vyžití těchto metod se může zvýšit úroveň saturace a daný náhodný stresor by měl být lépe zvládnutelný. [5; 9]

V letecké praxi je nejběžněji používaná metoda snížení stresu, před jeho nastoupením, příprava na různé situace a jejich nácvik v simulátoru. Člověk ovlivněný stresovou situací, kterou zažívá poprvé, může reagovat úplně odlišně, než když ji zažívá poněkolkáté. Při trénování těchto modelových situací jde o vytvoření rutiny a snížení množství potřebných zdrojů pro řešení stresové situace při jejím vzniku v ostrém provozu. [7]

1.4. Vliv stresu na člověka

Člověk disponuje výkonným systémem příjmu a zpracování informací. Informace jsou přijímány převážně z periferních receptorů smyslových orgánů. Následně dochází k přenosu dostředivými smyslovými drahami do centrální nervové soustavy. Zde se

přijaté informace zpracují (filtrují), interpretují (dostávají smysluplný význam pomocí asociačních center) a nakonec využijí. Během všech kroků tohoto procesu mohou nastat chyby, které ovlivní výsledek, neboť tento proces značně ovlivňují další faktory jako bdělost, pozornost, motivace, očekávání, zkušenost a důležitost přijaté informace. [7]

Různé studie se dlouhodobě zabývají touto problematikou stresu, s cílem předcházet nežádoucím účinkům stresu na různá odvětví naší existence. Tento výzkum je však dosud neprůkazný, neboť se někdy rozchází v dosažených závěrech. Jako příklad lze uvést studii z roku 2009, která při zkoumání vlivu akutního stresu na výkonnost jedince došla k závěru, že zvýšená úroveň stresu může vést ke zhoršení výkonnosti při plnění úloh vyžadujících vybavování informací z paměti, rozdělení pozornosti, nebo rozhodování. [10] Oproti tomu studie vydaná v roce 2007 došla k závěru, že akutní stres zvyšuje u mladých zdravých mužů výkonnost při vytváření nových neurálních struktur a při prostorovém učení. [11] Další článek uvádí, že při zkoumání u lékařů, chirurgických specialistů, má stres jak pozitivní tak negativní účinky. Nepřiměřený stres zhoršuje schopnost rozhodování a komunikace. Za povšimnutí také stojí fakt, že si méně zkušení chirurgové nebyli jisti svojí schopností vyrovnat se se stresory. Zkušenější si vytvořili sofistikované metody pro vyrovnávání se se stresem. [12]

Výše zmíněné publikace se zabývají akutním stresem. Při zkoumání chronického stresu se většinou dochází ke stejným výsledkům. Chronický stres je všeobecně hůře zvládnutelný a má pouze negativní účinky. Ve studii vydané v roce 2005 byl prezentován názor, že většina žen i mužů reaguje na chronický stres negativně. Ačkoliv se i zde vyskytly rozdíly v celkovém pocíťování úrovně stresu, nebylo nalezeno spojení mezi zlepšením výkonnosti a chronickým stresem. [13]

1.5.Vliv stresu na pilota

Stres působící na piloty a jím způsobené vlivy jsou do jisté míry specifické. Oproti většině jedinců se totiž piloti nachází v situaci, ze které nemohou jednoduše odejít. Zároveň se letci často nesvěřují se svými zdravotními problémy, ať už fyzickými, nebo psychickými, protože mají obavy ze ztráty zdravotní způsobilosti. [14] Při výkonu své činnosti je pilot vystavován chronickým stresorům o nízké intenzitě. Tyto stresory vznikají jak prostředím, ve kterém se pilot nachází, tak očekáváními, která jsou na něj

kladena. Zároveň jsou piloti však vystavováni častým akutním stresorům o vyšší intenzitě. [15] Ze statistik vyplývá, že selhání lidského činitele pozitivně koreluje se zvýšenou hladinou stresu. U nezkušených pilotů jsou nejdůležitější stresory nedostatky znalostí a meteorologické podmínky. [16]

V následující části jsou představeny výzkumné práce, které sloužily jako prameny při vypracování této práce. Zároveň přinesly cenné informace, na základě kterých byla vytvořena metodika experimentu zpracovaného v rámci této práce.

Za zmínku určitě stojí studie amerického leteckého úřadu z roku 1967. V ní se C. E. Melton, Ph. D. a Marlene Wicks zabývali vlivy stresu na piloty-studenty. Jednalo se o výzkum, ve kterém byly zkoumány rozdílné indikátory stresu při různých fázích letu během celého výcviku PPL. K tomu byla využita měření tepové frekvence pomocí EKG a pohybu očí pomocí EOG. Před letem se jeho účastníci podrobili měření teploty (pro rozpoznání případně zvýšené teploty) a změření referenční hodnoty tepové frekvence. Při plánování výzkumu byl uvažován vliv instruktora a jeho přístupu k jednotlivým studentům. Před a po letu byli jednotliví studenti dotázáni, pomocí dotazníků, na předchozích 24 hodin jejich života a na jejich pocity během letu. Instruktor také vyplnil dotazník, ve kterém ohodnotil studentův výkon. Výzkumníci došli k závěru, že tepová frekvence je nejspíše nejlepším parametrem, který je možné kontinuálně měřit za letu. Nejnižší hodnoty tepové frekvence byly naměřené při letu s instruktorem, nejvyšší pak, když měl student veškerou zodpovědnost při sólo letu. Z výcvikových úloh pak výrazně zvyšovaly tepovou frekvenci takové, při kterých byla nízká rychlost letu. [2]

Druhým zvoleným výzkumem je práce autorky G. Kloudové s názvem Využití psychofyzilogických metod při objektivizaci mentální zátěže pilotů. Autorka se v práci zabývá možnostmi využití psychofyzilogických metod při identifikaci mentální zátěže u vojenských pilotů. Při měření byla využita fyziologická data a psychologické dotazníky. Pro měření tepové frekvence bylo využito EKG a následně bylo vyměněno za náramkový přijímač a hrudní pás. Byly také využity metody EEG a sledování pohybu očí, ale takto získaná data jsou složitá na zpracování a nebyla tedy v práci vyhodnocena. Přesto bylo dosaženo očekávaných výsledků. Výsledky vedou k závěru, že je možné považovat tepovou frekvenci za dobrý indikátor mentální zátěže. „Byla prokázána souvislost mezi osobnostními rysy, klidovou tepovou frekvencí a efektivitou výkonu.“ [17]

1.5.1. Vliv na výkonnost

V průběhu letu se mění pracovní zátěž pilota a s tím i nároky na jeho požadovanou výkonnost. Při letu v ustálené letové hladině za dobrých povětrnostních podmínek a na známé trase, může dojít k výskytu hypostresu a vzniku nudy. Při vzletu, přistání, nebo náhlých nestandardních situacích může naopak nastat akutní stres a s ním spojené negativní vlivy.

Vše, co brání efektivnímu zpracování informací, může vést ke značnému snížení pracovní výkonnosti. Při předchozích výzkumech této problematiky vyšlo najevo, že akutní stres může vést ke zhoršené výkonnosti. Takto zhoršená výkonnost se nejčastěji projevuje změnou kognitivních procesů. [18]

1.5.2. Vliv na paměť

Paměť je obecnou biologickou funkcí nervové soustavy. Je schopna informace ukládat, aktualizovat, vybavovat, ale i zapomínat. Paměť se dělí do několika podkategorií, které se zabývají různými činnostmi a jejichž informace jsou vyvolávány při rozdílných aktivitách. [5]

Stres má značný vliv na paměť, konkrétně na pracovní paměť. Byla zjištěna negativní korelace mezi pracovní pamětí a negativním stresem. Při dlouhodobém výzkumu byl prokázán snížený rozsah paměti u subjektů, které uvedly, že se potýkají s alespoň jedním úskalím v životě. Zmíněné snížení kapacity pracovní paměti pak může vést k zapomenutí úkonů, rad nebo jiných důležitých informací. Přemýšlení nad životními stresory a událostmi zabírá myšlenkové kapacity jedince a zvyšuje pravděpodobnost chyby při činnosti. Výzkumy prokázaly pozitivní korelaci mezi životními stresory a vznikem tzv. průnikových chyb (intrusion errors). Jedná se o chyby ve vnímání a paměti, kdy dotazovaný subjekt není schopen vytěsnit nerelevantní informace, které nevedou ke splnění úkolu. Pronikání nechtěných myšlenek také způsobuje snížení kognitivních schopností. Nejspíše je to dáno snahou tyto myšlenky potlačit, čímž se snižuje soustředění na samotnou aktivitu. [14]

Výsledky zkoumání naznačují, že obavy značně ovlivňují úlohy namáhající pracovní paměť jako je například rozhodování. Nejčastěji k tomu může docházet

při fázích letu s nízkým zatížením, neboť zde je největší prostor pro pronikání obav. Oproti tomu jiná studie naznačuje, že úlohy namáhající dlouhodobou paměť, například vybavování informací, byly ovlivněné velmi málo nebo vůbec. [14]

1.5.2.1. Učení

Učení neboli změna chování pod vlivem zkušeností, je jednou z nejdůležitějších schopností člověka a probíhá po celou dobu jeho života. Jedná se o transformaci nových poznatků do paměťové zásobárny vědomostí. Díky učení jsme schopni vytvářet nová spojení v mozku a zvládat problémové situace. Zvláštní postavení při učení má tzv. pohybový stereotyp. Jedná se o proces vytváření soustavy hybných vzorců, který vede k automatizacím. [19]

Schopnost učit se novým věcem je výrazně ovlivněna schopnostmi paměti, ale i vnímáním a udržením pozornosti jedince. Z toho je zřejmé, že negativní vlivy stresu na tyto prvky mají negativní vliv i na učení jako takové. [5]

1.5.3. Vliv na vnímání

Vnímání je aktivní psychologický proces vytváření myšlenkového modelu okolního prostředí. Vnímány mohou být pouze takové signály, jejichž intenzita překročí senzorický práh. Detekční práh je ovlivňován druhem a intenzitou podnětu, jeho trváním a očekáváními. Získáváním nových vjemů je v mozku porovnáván aktuální stav informací s informacemi dříve uloženými. [19] Vnímání je možné rozlišovat na objektivní a subjektivní. Objektivní je takové, které je přesným obrazem skutečnosti a není k němu nic přidáno ani ubráno. Není ovlivněno emocemi, přáními ani domněnkami. Při subjektivním vnímání jsou člověkem přidány různé předpoklady a informace nejsou interpretovány dle skutečnosti, ale podle přání jedince. [7]

Stres narušuje schopnost vnímání. Extrémní formou narušení vnímání je tzv. *cognitive tunneling*. Dochází k němu, pokud je na jedince kladeno příliš podnětů, které vyžadují jeho pozornost. Při tunnelingu se jedinec, často podvědomě, rozhodne, které činnosti jsou důležitější, a věnuje jim zvýšenou pozornost. V krajním případě dokonce může některé činnosti nebo podněty vypustit úplně. [3]

1.5.4. Vliv na pozornost

Pozornost je vyčerpateľný zdroj s předem stanovenou maximální hodnotou. [19] Různé studie naznačují, že osobní stres může vést ke zhoršení pozornosti, neboť se jedinec nesoustředí plně na vykonávanou aktivitu, nýbrž na jiný stresor, nebo dokonce na reakce na stresor. V těchto studiích je naznačeno, že ačkoli mají piloti do jisté míry schopnost nevnímat stresory nesouvisející s výkonem práce, každý letec má také danou individuální úroveň stresu, vyvolanou určitým stresorem, která bude rušivá. Dalším faktorem je také vliv stresu na spánkový cyklus. Při určité kombinaci interpersonálních a intrapersonálních stresorů dochází k narušování spánkových cyklů, a tím nepřímo k ovlivnění schopnosti soustředění. [14]

1.5.5. Vliv na rozhodování

Rozhodování je proces, který má vybrat mezi variantami reakce na změnu výchozího stavu. Vzniká na základě příjmu informací a jeho výsledkem je rozhodnutí. Může k němu docházet, pokud nastane změna, nebo pokud nenastane změna, ačkoliv byla očekávaná. Rozhodování probíhá v několika etapách: příjem informací, výběr varianty řešení a realizace rozhodnutí. Pro správný výběr reakce je zcela zásadní zachycení informací o nastalé změně a situační povědomí jedince. [19]

Při předchozích výzkumech vyšlo najevo, že jedinci s vyšší hladinou stresu mají větší problémy s rozhodováním a častěji docházeli k chybným postupům a suboptimálním výsledkům. Bylo také zjištěno, že se subjekty s vyšším stresem nesouvisejícím s daným úkonem pokouší kratší dobu o řešení a využívají méně pokusů pro dosažení kýženého výsledku. [20] Stres vyvolává autonomní reakce, které vyžadují určitou míru pozornosti. To vytváří rozptýlení a ubírá schopnost správně se rozhodovat. Tento náález potvrzují i jiné studie, které byly schopné nalézt vyšší podíl problematického rozhodovacího procesu u jedinců s vyšším vnímáním vlastních tělesných funkcí. [14]

1.5.6. Vliv na reakce

Reakční čas je důležitým prvkem v letectví. Bylo však zjištěno, že s narůstajícím stresem narůstá i reakční čas. [21] Bylo prokázáno, že chybovost pilotů se zvyšuje

ke konci jejich rozpisu služeb. Důvod je jednoduchý: vyčerpání. Vyčerpání letci se spoléhali více na automatizaci. Reakční čas se zkracoval na úkor přesnosti a naopak. Úkony vysoké náročnosti jsou na tento fenomén velmi náchylné. [20]

Příliš nízká úroveň stimulace také není ideální. Ta bývá spojována se snížením počtu odezev, delším reakčním časem, ztrátou situačního povědomí a ztrátou bdělosti a pozornosti. Nejčastěji je to dáno již zmíněnou nudou. Podle jednoho výzkumu docházelo při úkolech vyžadujících konstantní bdělost přesahujících 30 minut k značnému snížení bdělosti a nárůstu chyb. [20]

1.5.7. Vliv na komunikaci

Během letu je komunikace velmi důležitým prvkem. Letec běžně komunikuje jak s posádkou, tak s řízením letového provozu. Stres má na komunikaci mnoho různých negativních vlivů, které mohou být ukazateli stresu a zdroji nedorozumění a chyb. Stres ovlivňuje komunikaci po stránce akustické, fonetické, lexikální, syntaktické a sémantické. [3]

Akustické změny se projevují při emočním vypětí nejzřetelněji změnou výšky hlasu, frekvence a amplitudy neboli hlasitosti. Při analýze těchto změn lze pozorovat změny v rozpoložení pilota, což se prokázalo užitečné i při zjišťování příčin leteckých nehod, zejména v Rusku a Japonsku. Tyto příznaky však byly pozorovány i u jiných osob se zvýšenou pracovní zátěží, tudíž lze v běžném provozu jen složitě rozlišovat původ těchto změn. [3]

Fonetické změny mohou být velmi důležité, obzvláště v komunikaci mezi ŘLP a piloty. Jedná se o změnu výslovnosti, převážně samohlásek, čímž může docházet k záměně jednotlivých slov. Přenosem přes různá elektronická vybavení je výslovnost slov již tak zkreslena a dalšími změnami pak působí problémy zejména pilotům, kteří nejsou rodilí mluvčí daného jazyka. [20; 3]

Sémantické, syntaktické a lexikální změny zahrnují volbu slov, stavbu věty a gramatiku. Bylo pozorováno, že během vysokého vybuzení a časového tlaku se řeč zjednodušuje. Snaha o vytvoření složitých vět a souvětí může selhávat a jedinec se vrací k jednoduchým, často používaným frázím a slovům. [3]

1.6. Měření úrovně stresu

Jak bylo zmíněno, stres působí na různé osoby různě. Významným činitelem je schopnost člověka se s danou situací vyrovnávat. I přes to je však možné měřit úroveň stresu působícího na jedince. To je možné pozorováním objektivně měřitelných mechanismů, které se snaží navrátit organismus do stavu homeostáze poté, co byl stresorem z tohoto stavu vyrušen. Stejně jako se tělo snaží pocením snížit a svalovým třesem zvýšit vlastní teplotu při změně z optimálního stavu, tak je možné pozorovat tyto změny při zvýšení úrovně stresu. Zároveň je potřeba brát v potaz odolnost člověka a jeho schopnost tyto stresory nevnímat. Tato data se získávají ze subjektivně udávaných odpovědí respondentů na řadu různých otázek. Pro ucelené posouzení stresu je podle již zmíněného Kognitivně-transakčního modelu vhodné uvažovat obě metody vyhodnocování stresu.

1.6.1. Subjektivní metody

Nejčastěji využívanou subjektivní metodou zkoumání stresu je dotazník. Během postupu času se vyvinulo mnoho různých dotazníků, které jsou adaptovány na různá prostředí. Liší se jak počtem otázek, tak jejich konkrétním obsahem. Využívají se zejména proto, že se jedná o velmi rychlou a snadnou metodu posouzení. Její nevýhodou jsou však značné nepřesnosti vzniklé zejména tím, že dotazovaný subjekt nepřesně zhodnotí svoje schopnosti vyrovnávat se se stresem. Dále je potřeba zohlednit faktor času. S časovým odstupem se totiž mohou vzpomínky prohlubovat nebo utlumovat. [3]

Emoční změny:

- Pocit bezmoci
- Úzkosti
- Strach
- Citová labilita
- Ztráta empatie

Změny chování:

- Sklon k agresivitě
- Sklon k opuštění úlohy

[7]

Tyto změny jsou velmi často špatně měřitelné objektivními metodami, a proto je nutné využít při jejich určování metod subjektivních. Důležité při tom je nezpůsobovat dotazovaným další stres, který by mohl výsledky zkreslit. [3]

Pro účely této práce byli piloti před letem dotázáni prostřednictvím dvou dotazníků. Perceived Stress Questionnaire (PSQ, viz Příloha I) a Perceived Stress Scale (PSS, viz Příloha II). PSQ je dotazník o 30 otázkách, ve kterém respondenti uvádí, jak často se během posledních 2 let setkali s danou situací. Odpovědím je přiřazena hodnota mezi 1 a 4, které jsou následně sečteny. Od získané hodnoty je odečteno 30 a výsledek podělíme 90. Tím je získán PSQ index, který je mezi 0 a 1. Podle Bergdahl a Bergdahl jsou hodnoty pod 0,34 včetně, považované za nízké, hodnoty nad 0,34 a pod 0,46 včetně za mírné a hodnoty nad 0,46 za vysoké. PSS se také zaměřuje na zažití stresových situací, ale zaměřuje se na období posledního měsíce. Odpovědím jsou přiřazeny hodnoty mezi 0 a 4 a sečteny. Výsledkem je celková hodnota mezi 0 a 40, přičemž 0-13 je hodnoceno jako nízká, 14-26 jako mírná a 27-40 jako vysoká úroveň stresu. Z odpovědí na tyto dotazníky je možné odhadnout intenzitu stresu, která na daného jedince působí v běžném životě. [22; 23]

Po letu byli piloti dotázáni pomocí řady otázek zaměřených na pocity při jednotlivých fázích letu, na subjektivní hodnocení jednotlivých přistání, stresory vnímané při přistání a na celkové hodnocení jejich vlastního výkonu při letu. Při letu vyplňoval dotazník také instruktor. Hodnotil v něm rozpoložení a výkon studenta při jednotlivých fázích letu, kvalitu jednotlivých přistání a podmínky letu.

1.6.2. Fyziologické metody

Při objektivních metodách se zaměřujeme na porovnávání skutečně měřitelných veličin v klidovém stavu se stavem při zátěži. Tyto změny vznikají na základě tzv. GAS (General Adaptation Syndrome) neboli Všeobecného Syndromu Přizpůsobení, který je reakcí těla na stres a jehož cíl je udržet organismus mimo nebezpečí. Skládá se ze tří fází. [19]

První fází je fáze vyburcování, která slouží k mobilizaci sil a zdrojů v organismu. Tento proces je zajištěn zvýšenou činností sympatické části nervového systému. Dochází při ní k vypuštění adrenalinu a glukózy, zvýšení krevního tlaku a dalším procesům popsaným níže. Tělo se během ní připravuje na reakci nazvanou Fight or Flight (útok nebo útěk), případně dochází k třetí reakci Freeze (zamrznutí/ztuhnutí). Pokud se vnímaná úroveň stresu nesnižuje, nastává druhá fáze. [5]

Druhá fáze neboli fáze odporu, je ovládána parasympatickou částí nervového systému. Vylučuje se při ní hormon kortizol, ve snaze navrátit fyziologické funkce a procesy do normálního stavu a prodloužit dobu kdy má organismus dostatečné množství zásob energie. [5]

Při dlouhotrvajícím stresu přechází tělo do třetí fáze: vyčerpání. Při této fázi jsou energetické zásoby vyčerpány a dochází k oslabení imunitního systému, pocitu únavy a všeobecnému zhoršení tělesných funkcí. Při dlouhodobém nebo častém výskytu této fáze může docházet ke zdravotním komplikacím jako jsou nemoci, srdeční choroby, zažívací potíže, deprese a další. [5]

Měření:

- Pohyb očí/rozšíření zorniček
- Vodivost pokožky
- Teplota
- Svalová tenze
- Analýza tekutin
- Analýza řeči
- EEG
- Frekvence dýchání
- Zvýšená srdeční aktivita

Pomocí různých přístrojů lze měřit většinu těchto ukazatelů. Z naměřených dat získáme, při porovnání s údaji naměřenými v klidu, ukazatel toho, jak silně organismus zareagoval na daný stresor. [5]

1.6.2.1. Pohyb očí/rozšíření zorniček

Během prvotní reakce na stres dochází k aktivaci sympatické části nervového systému. Ta vyvolá rozšíření zorniček. Ačkoliv není úplně jasné proč se tak děje, je zřejmé, že se jedná o relativně přesnou metodu měření mentálního vyburcování/stresu. Měření je většinou prováděno pomocí kamery a následného vyhodnocení jejího záznamu. Pokud není kamera umístěna přímo na subjektu, není možné, aby se tento příliš pohyboval. Pomocí měření rozšíření/zúžení zorniček neboli pupilometrie lze odhalit

pocity jedince. Při výzkumech byl pohyb zorniček využit pro měření celé řady stavů. Od únavy, přes autismus až po depresi. Pohyb očí pak může udávat pozornost a fixaci na jednotlivé úseky zorného pole. [24; 2]

Výhodou této metody je její již zmíněná vysoká přesnost. Její hlavní nevýhodou však je potřeba zvláštního vybavení a obtížné vyhodnocení, zvláště při měření v exteriéru s měnícím se osvětlením.

1.6.2.2. Vodivost pokožky

Vlivem sympatické části nervového systému dochází ke změně vodivosti pokožky. Tu lze měřit pomocí elektrod umístěných na povrchu kůže. Při vnějším nebo vnitřním stimulu, který vyvolá vyburcování, dochází k chvilkovému zvýšení vodivosti pokožky. [25] Ve spojení s měřením dalších ukazatelů se může jednat o velmi přesný ukazatel. Bohužel i zde je nutné využít specializovaného měřicího zařízení, a navíc dochází ke značnému ovlivnění pohybem měřeného jedince. [26]

1.6.2.3. Teplota

Teplota jedince bývá relativně stabilní a přibližně stejná po celém těle, pokud není přílišná zima/teplota. Při stresové reakci se však, vlivem sympatické části nervové soustavy, začnou stahovat cévy a dochází k poklesu teploty v periferních částech těla (končetinách) a zvýšení teploty středu těla. Tento rozdíl lze měřit porovnáním teplot středu těla s teplotou končetin – například teplota tváří v porovnání s teplotou prstů u ruky. Se zvýšením teploty středu těla dochází i ke zvýšené transpiraci jedince (pocení). Míra pocení se nejjednodušeji stanoví tak, že se porovná počáteční a konečná hmotnost jedince, při zachování ostatních proměnných. [27] Změny teplot lze měřit velmi snadno běžným teploměrem nebo termokamerou. Obě tyto metody však do značné míry vylučují přílišný pohyb jedince a může dojít k ovlivnění hodnot teplotou prostředí.

1.6.2.4. Svalová tenze

Svalové napětí se vlivem sympatické části nervové soustavy zvýší. Jedná se o reflexivní reakci organismu na stresor ve snaze předejít zraněním a bolesti. S nástupem stresu se svaly stáhnou a při jeho snížení se svaly uvolní. Při chronickém stresu je tělo

v neustálém stavu napětí. Toto zvýšení svalového napětí lze měřit pomocí elektromyografu. Jedná se o přístroj, který měří napětí vycházející z nervů ovládajících svaly. Čím aktivnější jsou nervy, tím vyšší je svalové napětí. [28] Hlavní nevýhodou tohoto měření je nutnost specializovaných přístrojů, obtížný vyhodnocovací proces a je také citlivé na pohyb jednotlivce.

1.6.2.5. Analýza tekutin

Jedná se o velmi přesný druh měření stresu. Využívá se při něm měření hormonů obsažených v různých tělních tekutinách jako jsou sliny nebo krev. Konkrétně se měří hladina kortizolu, adrenalinu a noradrenalinu. Tato metoda prokázala účinnost v mnoha výzkumech, je pro ni však nutno odebrání vzorků a jejich analýza pomocí velmi specifických zařízení. Analýza výsledků je pro laika obtížná. Zároveň není možné průběžné měření během celého intervalu. [25]

1.6.2.6. Analýza řeči

Jak již bylo zmíněno, stres má značný vliv i na komunikaci a jeho přítomnost lze měřit i pomocí analýzy řeči. Jedná se o již uvedené změny v hlasitosti, frekvenci a zjednodušování použitých frází. Toto měření lze provádět v reálném čase nebo zpětně ze záznamu. Není však tak přesné jako ostatní metody, neboť nelze zcela přesně určit původce těchto změn a vyhodnocení může být obtížné pro špatnou srozumitelnost komunikace. [2]

1.6.2.7. EEG

Elektroencefalografie měří elektrickou aktivitu mozku pomocí elektrod připevněných na hlavě. Jedná se o velmi účinnou metodu, která zkoumá frekvenci a amplitudu aktivity. Ideální podmínky nastanou, pokud je posuzovaný jedinec v klidu. Hlavní výhodou je velmi vysoká přesnost. Velkými nevýhodami jsou nejen nutnost speciálních měřících zařízení, ale zejména velmi obtížné vyhodnocení záznamu, který je náchylný na pohyb. [26]

1.6.2.8. Frekvence dýchání

Při vyvolání fight or flight reakce dochází k zvýšené frekvenci dýchání. K tomu dochází, protože tělo předpokládá, že se schyluje k fyzicky náročné aktivitě a věří, že kyslík navíc dodávaný do svalů pomůže. Změna dechové frekvence je vyvolána sympatickou částí nervové soustavy a parasympatickou protiváhou. [26] U zdravých dospělých jedinců se normální dechová frekvence pohybuje v rozmezí 12–20 nádechů za minutu. Při stresu se toto číslo může zvětšit i několikanásobně a může dojít ke hyperventilaci, zvýšení pH krve a alkalóze. [28] Toto měření je však ovlivněno komunikací i fyzickou zátěží, což způsobuje chyby při vyhodnocení.

Dechovou frekvenci lze měřit například spirometrem, hrudním dechovým pásem nebo manuálním počítáním nádechů, tedy snadno dostupnými zařízeními.

1.6.2.9. Zvýšená srdeční činnost

Při vystavení těla stresu dochází téměř okamžitě ke zvýšení srdeční aktivity, a to jak srdečního tepu, tak krevního tlaku. Pomocí toho lze stanovit činnost sympatiku a parasympatické protiváhy. Nejpřesnější metodou měření srdeční frekvence je zřejmě elektrokardiograf neboli EKG. Je však možné použít i méně přesných metod jako fotoplethysmograf neboli PPG. [29] Běžná klidová hodnota tepu by se u zdravého dospělého měla pohybovat mezi 60 a 100 úderů za minutu [30]. Měření tlaku se provádí tlakoměry. Standardní hodnota tlaku u zdravého dospělého by se měla pohybovat pod hodnotou 120/80 mmHg [31]. Tepová frekvence je však také ovlivňována věkem, fyzickou aktivitou, zvýšením teploty, nemocí, změnou dýchání nebo mentální zátěží. [25]

EKG zaznamenává srdeční aktivitu pomocí elektrod připojených na různé body těla. Data získaná tímto měřením jsou převedena do počítače a vyhodnocena formou elektrokardiogramu. Ačkoliv je toto měření přesnější, je také složitější a jeho vyhodnocení je pro laika složité.

PPG je přístroj, který na základě optických senzorů, které musí být v kontaktu s kůží, detekuje změny objemu krve v mikrovaskulární tkáni kůže. Mimo tepovou frekvenci lze pomocí tohoto principu zjistit okysličení krve a další ukazatele. [32]

Výhodou této metody je její relativní jednoduchost. Její využití v běžně nositelné elektronice navíc přináší data ve formě čitelné i pro laika.

Tabulka 1.6.2.1: Fyziologické metody měření stresu

Měření	Výhody	Nevýhody	Lze měřit chytrou elektronikou
Pohyb očí/zorníček	Přesnost	Potřeba speciálních zařízení, Ovlivněno prostředím	Ne
Vodivost pokožky	Přesnost	Potřeba speciálních zařízení, Ovlivněno pohybem	Ne
Teplota	Jednoduchost měření	Ovlivněno pohybem a prostředím	Ne
Svalová tenze	Přesnost	Potřeba speciálních zařízení, Obtížné vyhodnocení, Ovlivněno pohybem	Ne
Analýza tekutin	Přesnost	Potřeba speciálních zařízení, Obtížné vyhodnocení, Nemožnost průběžného měření	Ne
Analýza řeči	Jednoduchost měření	Obtížně hodnotitelné, Méně přesné	Ne
EEG	Přesnost	Potřeba speciálních zařízení, Ovlivněno pohybem	Ne
Frekvence dýchání	Jednoduchost měření a vyhodnocení dat	Ovlivněno pohybem a komunikací	Ano
Srdeční aktivita	Jednoduchost měření a vyhodnocení dat, Rychlost změny	Ovlivněno pohybem a teplotou	Ano

1.7. Zvolení sledovaného parametru

Existuje mnoho fyziologických parametrů, které jsou ovlivněny stresem, viz výše. Při uvážení jednoduchosti vyhodnocení parametrů a možnosti měření běžně dostupnou nositelnou elektronikou za letu nám zbývají k využití pro posouzení pouze frekvence dýchání a srdeční aktivita. Pro stanovení metodiky bylo zvoleno měření srdeční aktivity, konkrétně tepové frekvence. Tepová frekvence byla vybrána jednak z toho důvodu, že lze měřit více druhů měřících zařízení (chytré hodinky, hrudní pás a další), jednak proto, že změna tepové frekvence bývá rychlá a výrazná. V neposlední řadě také proto, že při pozorování rychlosti jejího snižování po vybuzení lze pozorovat i snížení stresu.

2. Nositelná elektronika – Wearables

Nositelná elektronika je miniaturizovaná elektronika, která je nošena na povrchu těla, nebo oblečení. Oproti mobilní elektronice, kterou lze také nosit při sobě, má nositelná elektronika navržený způsob nošení na těle. Nositelná elektronika zaznamenává údaje týkající se jejich nositele a zpravidla se synchronizuje s aplikací v chytrém telefonu. Tyto údaje se liší dle daného přístroje a senzorů obsažených v tomto přístroji. Může se jednat o údaje organismu jako jsou tělesná teplota, tepová frekvence a další, nebo ambientní hodnoty jako okolní teplota, vlhkost vzduchu nebo aktuální poloha. [33]

2.1.Funkcionalita

Podle druhu a nositelné elektroniky a jejich plánovaného využití se liší senzory, které jsou v nich obsaženy a díky tomu také jejich funkce. Se zvýšeným počtem nabízených funkcí narůstá většinou i cena daného kusu elektroniky a je proto nutné zvážit, zda jsou opravdu všechny zvolené funkce přínosné pro dané využití. Mezi aktuálně nabízené možnosti zařízení se řadí:

- **Měření tepu**
- **EKG**
- **Pulzní oxymetr**
- **Měření stresu**
- **Pilotní funkce**
 - Záznam trasy
 - Kompas
 - Výškoměr
- Měření aktivity
- Výpočet kalorií
- Sledování menstruačního cyklu
- Bezkontaktní placení

Pro účely této práce byly uvažované pouze zvýrazněné funkce.

2.1.1. Měření tepu

Funkci měření tepu v sobě obsahuje většina nositelné elektroniky. Naměřená data jsou získána z PPG senzoru. Jedná se o optickou, neinvazivní metodu měření, při které je využito principu měření objemu krve pod pokožkou. Zjednodušeně lze popsat proces

takto: světelná dioda vyzáří světlo, které se odrazí zpět do fotodetektoru. Při tom zaznamenává změnu jeho intenzity, která je ovlivněna protékáním krve pokožkou. Pomocí algoritmů jsou vytvořeny údaje o tepové frekvenci. [34]

Většina těchto senzorů využívá zeleného světla. To je dáno několika důvody, z nichž hlavní jsou: relativně vysoký poměr signálu k šumu, disponuje větší odolností vůči pohybovým artefaktům a v neposlední řadě se používá také proto, že je velmi rozšířený a jsou známy jeho přednosti a neduhy. [35]

Měření touto metodou však podléhá různým chybám. Do měření jsou vneseny chyby způsobené měnícím se útlumem intenzity světla při různých barvách pokožky (čím tmavší, tím větší útlum), pohybovými artefakty, nepřiléháním senzoru k pokožce a u spotřebitelských zařízení i zvýšením zátěže. Celková průměrná chyba měření vyjádřená v procentech přístrojů vybavených touto technologií se u starších zařízení pohybuje do 10 %. Novější zařízení s vyšším výpočetním výkonem a lepšími senzory mohou dosáhnout vyšší přesnosti. Se zvýšením tepové frekvence dochází ke zvýšení chyby měření. [36; 37]

2.1.2. EKG

EKG (elektrokardiografie) je označení pro monitorování elektrické aktivity srdce. Jedná se o jednu ze základních vyšetřovacích metod v kardiologii. Pro běžné nemocniční EKG je využito 12 elektrod, které vyprodukují záznam s 12 vlnami. Některé chytré hodinky, jako Apple Watch 4, 5, nebo 6, s dalšími podobnými zařízeními, která jsou nyní v procesu schválení amerického Úřadu pro kontrolu potravin a léčiv, jsou schopny vytvořit zjednodušené EKG. Docílí toho využitím 2 elektrod. Pomocí nich sice není možné sledovat všechny parametry klasického EKG, ale je možné zaznamenat a sledovat frekvenci a rytmus srdce. [38]

Deklarovaná přesnost měření pro zjištění fibrilace síní je u zařízení Apple 98,3% oproti klasickému EKG. [38]

2.1.3. Pulzní oxymetr

Pulzní oxymetry slouží ke zjištění saturace kyslíku v krvi. Výsledky jsou zobrazeny v procentech. Hodnoty 95-100 % jsou běžné. [39] Senzory fungují na podobném principu jako měření tepu, ale ve většině případů využívají červené světlo, blízké infračervenému. Červené světlo není lidským tělem tak dobře vstřebáváno, což mu umožňuje proniknout hlouběji a získat tak údaje o hydrataci, hemoglobinu a dalším. Právě měření hemoglobinu je využíváno u pulzního oxymetru, neboť okysličený hemoglobin absorbuje více infračerveného oproti červenému světlu než neokysličený a naopak. [35; 40]

Oproti zelenému světlu je zde výhoda nižšího ovlivnění barvou pokožky, tetováními a pihami. Trpí však nižším poměrem signál/šum a jsou náchylnější na pohybové artefakty, proto se při jejich používání doporučuje nehýbat se. Pokud se tato doporučení dodrží, uvádí se přesnost 98-97 %. [41]

2.1.4. Měření stresu

Ačkoliv měření TF zvládaly wearables již od roku 2010, chyběla jim výpočetní kapacita pro vytvoření vztahu mezi jednotlivými měřeními. Některá moderní zařízení mají přímo funkci měření stresu. Většina zařízení k tomu používá měření změn intervalů mezi jednotlivými úderů srdce. Platí, že zvýšení variability intervalů značí snížení stresu a naopak. Existují i zařízení, která za tímto účelem detekují chemické složení potu, nebo změnu vodivosti pokožky, jsou však obtížně dostupná a velmi drahá. [42; 43; 44]

Tato měření mohou dosahovat přesnosti kolem 90 %. Jsou však závislá na kvalitě měření samotné tepové frekvence i na využitém algoritmu. Pro nejvyšší přesnost by jedinec měl být v klidu. Ne všechna zařízení umožňují měření stresu, a ne všechna s touto funkcionalitou měří průběžně. Z těchto důvodů jsme se rozhodli tuto možnost nevyužít. [42]

2.1.5. Pilotní funkce

Poslední oblastí, na kterou se tato práce blíže zaměří, jsou funkce kumulativně označené jako pilotní. Ačkoliv těmito funkcemi nedisponuje velké množství nositelné

elektroniky, mohou být pro pilota velmi přínosné a nápomocné ve snížení pracovní zátěže a usnadnění letu. Největší zastoupení v této kategorii má Garmin se svými chytrými hodinkami pro piloty. Tyto disponují značným množstvím funkcí, mezi které se řadí i Direct-to, umožňující vygenerování přímé trasy, nebo funkce Nearest, která vyhledá nejbližší letiště/navigační zařízení. Za pozornost také stojí možnost přijímání zpráv METAR, nebo zobrazení některých letových přístrojů. Zvláštní funkcí je pak kompatibilita hodinek s Garmin Pilot a možnost přijímání letových plánů do nich. Radíme sem i funkce kompasu, výškoměru, nebo záznamu trasy, které mohou být přínosné i pro neletecký personál. [45]

2.2. Použití nositelné elektroniky

Stejně jako se liší senzory a schopnosti jednotlivých nositelných zařízení, tak se liší i způsoby použití takto získaných informací. Mezi tzv. wearables patří chytré hodinky, fitness náramky, lokátory, hrudní pásy, nebo SOS tlačítka. Již názvy těchto kategorií mohou napovědět možné použití. Velmi často mají navzájem se překrývající použití a funkce. [46]

Jak bylo zmíněno v kapitole: Odolnost vůči stresu, je vhodné sledovat vlivy působící na člověka a udržovat se v dobré fyzické i psychické kondici. To platí zejména pro piloty a další profese kladoucí vysoké nároky na výkon. Zde se skrývá další možnost využití nositelné elektroniky, zvláště pro piloty všeobecného letectví. Jak jistě každý pilot ví, je doporučeno, nelétat při zhoršené kondici. Problém však je, že si tento stav mnoho jedinců často neuvědomuje, nebo nepřipouští. Wearables jsou často schopné monitorovat zdraví a při zkoumání těchto dat je pak možné odhalit i skryté problémy. [33]

2.2.1. Monitorování zdraví

Tato zařízení mohou být využívána ke snadnému monitorování vitálních prvků pomocí integrovaných senzorů a tím přispět k zdravému životnímu stylu. Při dlouhodobém používání je výhodné pozorování trendu pro včasné zjištění případných zdravotních problémů. Základní parametry, které zde lze sledovat jsou tepová frekvence, počet kroků/aktivita, případně saturace krve kyslíkem. Několik studií prokázalo, že náhlá

změna dlouhodobých průměrů zmíněných ukazatelů, může indikovat blížící se onemocnění, nebo jiné zdravotní problémy. [33]

2.2.2. Využití wearables v letectví

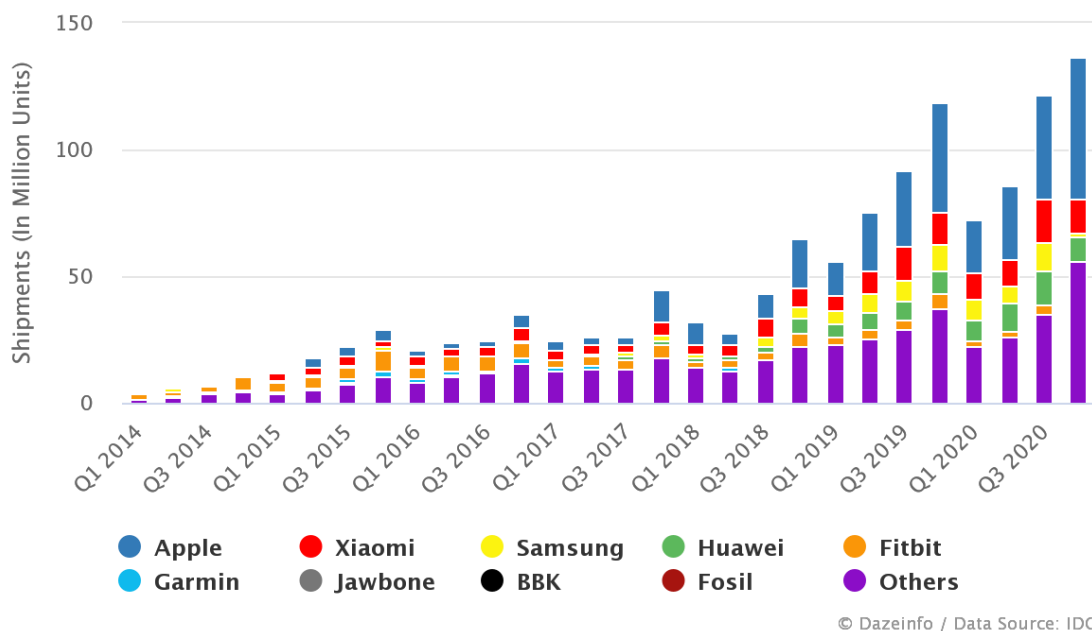
Wearables mají velký potenciál pro použití v mnoha odvětvích, stejně tak v letectví. V letectví již proběhly pokusy s použitím těchto zařízení například pro zlepšení zákaznického servisu na letišti, s pomocí technikům při provádění prohlídek a údržby, nebo u rozšíření informací dodávaným pilotovi. Většinou se pro tyto činnosti využily chytré brýle umožňující virtuální nebo rozšířenou realitu. Konkrétně byly využity ve spolupráci s Airbusem chytré brýle pro usnadnění montáže sedadel, nebo pro pomoc instalace kabelových svazků u Boeingu. U letců je tato technologie rozšířenější zejména mezi vojenskými piloty. Ti již několik let využívají Head-Up Displeje a Helmet-Mounted Displeje, které integrují displeje do zorného pole letce a zobrazují dodatečné informace. [47; 48]

2.3. Použitá zařízení

Pro náš výzkum byla zvolena zařízení chytrý náramek **Xiaomi Mi Band 5** a chytré hodinky **Apple Watch SE**. Každý z těchto přístrojů je schopný měřit několik parametrů a sdílet data do telefonu. Zařízením tohoto typu byla dána přednost před ostatní nositelnou elektronikou, protože mají vlastní displej, data zobrazují srozumitelnou formou v reálném čase a jejich umístění umožňuje tato data zobrazit, aniž by byly omezeny motorické schopnosti. Navíc byly tyto přístroje snadno dostupné, což řešilo problém s omezenými zdroji. V neposlední řadě byla zvolena i proto, že mají vlastní úložiště a mohou být synchronizována s telefonem až po letu.

Referenční přístroj, sloužící ke kontrole měřících zařízení před zahájením měření, byl pulzní oxymetr **Andon CMS50D2**. Tento přístroj má udávanou přesnost ± 2 bpm v rozsahu 30 – 99 úderů za minutu a ± 2 % pro 100 – 250 úderů za minutu. Jeho použití je velmi snadné a hodnoty udává v reálném čase v snadno srozumitelné hodnotě na integrovaném displeji. Není s ním však možné automaticky zaznamenávat naměřené údaje a jeho umístění na prstu překáží při pilotáži. [49]

Top 5 Wearable Companies Worldwide by Shipments, by Quarter



Obrázek 2.2.2.1: Celosvětové dodávky nositelných zařízení podle množství dodávek podle čtvrtletí. [54]

2.3.1. Xiaomi Mi Band 5

Fitness náramek Xiaomi Mi Band 5 byl zvolen z důvodu široké rozšířenosti nositelné elektroniky značky Xiaomi, nízké ceny náramku, dlouhé výdrže a díky jeho kompatibilitě s iOS a Androidem. Při provedeném měření byla data z náramku přenášena pomocí Bluetooth do aplikace Mi Fit v telefonu s operačním systémem Android, odkud byla exportována ve formátu CSV.



Obrázek 2.3.1.2: Xiaomi Mi Band 5. Foto autor

Tento náramek využívá přímé měření tepu ze zápěstí pomocí **PPG biosensorů**. [50] Náramek byl umístěn dle instrukcí manuálu na paži, ve vzdálenosti přibližně 1-2 cm od zápěstí a bylo spuštěno cvičení pro zvýšení vzorkovací frekvence. Zvoleným cvičením byla jóga, neboť se jednalo o cvičení, které se nezastavilo při neaktivitě jedince.



Obrázek 2.3.1.3: Ukázka umístění náramku Xiaomi Mi Band 5 se spuštěným cvičením. Foto autor

Vzorkovací frekvence tohoto přístroje je nastavitelná v aplikaci Mi Fit. Měření na pozadí může probíhat s frekvencí 1 za 1, 5, 10, nebo 30 minut. Nastavení použitého přístroje bylo zadáno na měření 1 za minutu. Případně lze spustit cvičení, které má zvýšit frekvenci měření, ale v průběhu realizovaného experimentu se frekvence při spuštění cvičení nezvýšila a zůstala tedy 1/minutu.

2.3.2. Apple Watch SE

Jedná se o jedny z nejprodávanějších chytrých hodinek s velkým množstvím integrovaných funkcí. Jimi získaná data byla poslána pomocí Bluetooth do aplikace Health v telefonu s operačním systémem iOS, odkud byla exportována ve formátu XML.



Obrázek 2.3.2.1: Apple Watch SE. Foto autor

Tyto hodinky pro získání dat tepové frekvence využívají také PPG senzory. Při měření na pozadí se využívá infračervené světlo, při cvičení a dechových cvičeních se využívá zeleného světla kvůli jeho větší absorpci. Takto jsou hodinky schopny změřit tep v rozsahu 30 až 210 úderů za minutu. [34] Hodinky byly, dle instrukcí manuálu, umístěny na horní straně zápěstí a utaženy natěsno, ale pohodlně. I u tohoto zařízení jsme spustili cvičení typu jóga pro zvýšení vzorkovací frekvence.



Obrázek 2.3.2.2: Ukázka umístění hodinek Apple Watch Se se spuštěným cvičením. Foto autor

Vzorkovací frekvence tohoto zařízení je oproti předchozímu určována sama přístrojem. Měří data na základě pohybu a čas mezi jednotlivými měřeními se liší. Nebylo možné změnit frekvenci měření na pozadí. Frekvence měření při cvičení se zásadně zvýší a přístroj měří jednou za několik sekund. [34]

3. Realizace experimentu

S informacemi získanými z předchozích výzkumů a pochopením funkcí senzorů, byla vytvořena metodika měření a realizován experiment pro její ověření. Je předpoklad, že lze využít běžně dostupných spotřebitelských zařízení pro pozorování stresu při přistání u daného pilota. Je očekáváno, že by tento výzkum mohl sloužit jako proof of concept této metody. Pokud bude měření úspěšné, mohlo by měření stresu pomocí této metody dosáhnout velkého využití zejména v leteckých školách. Pro ověření tohoto předpokladu byla zvolena měřicí zařízení a sledovaný parametr, navržena metodika měření a posléze získaná data vyhodnocena.

3.1. Dotazník

Pro lepší pochopení stresorů, působících na piloty při přistání, vnímání stresu při přistání a jejich ochotu používat nositelnou elektroniku za letu, byl vytvořen dotazník (viz Příloha III). Na něj odpovědělo mezi 04.04.2021 a 18.04.2021 celkem 73 pilotů a pilotek. Dotazník byl sestaven na základě informací získaných z předchozích výzkumů a po konzultaci s piloty a instruktory. Hlavním cílem bylo zjistit, jakými vnějšími vlivy mohlo být měření ovlivněno, aby tyto faktory byly podchyceny v rozboru po letu. Dotazník byl vytvořen online pomocí webové stránky www.vyplnto.cz, kde na něj respondenti zároveň odpovídali. Jedná se o bezplatnou službu, která provede i automatické vyhodnocení dat a umožňuje export do MS Excel. Dotazník byl šířen pomocí sociálních skupin na Facebooku a přímým rozesíláním pilotům v okolí autora, kteří jej rozesílali dále.

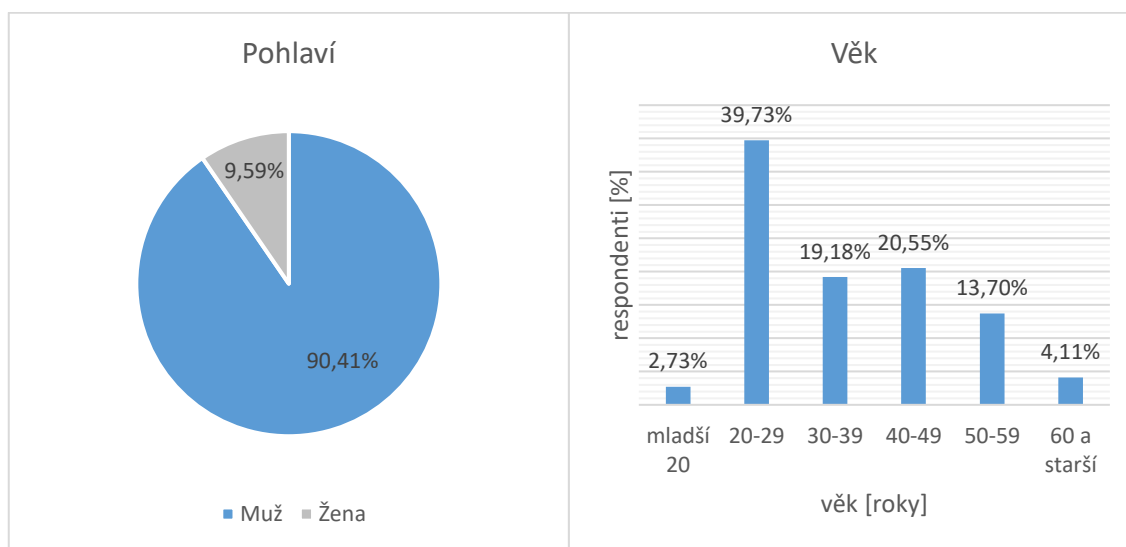
První část dotazníku byla zaměřena na respondenty dotazníku s cílem získat informace o pohlaví, věku, náletu a počtu přistání. Tyto informace sloužily pro objasnění rozdílnosti odpovědí u následujících otázek, týkajících se stresu a stresorů při přistání. Zde získané odpovědi posloužily při realizaci samotného experimentu tím, že deklarovaly schopnost předpokládat u respondentů vliv daných stresorů na změnu tepové frekvence.

Druhá část dotazníku se zabývala názorem dotázaných na jejich povědomí o nositelné elektronice a názorem na ni mezi piloty a pilotkami. Bylo také dotazováno, zda je nositelná elektronika piloty za letu používána. Tyto otázky byly položeny

nad rámec experimentu s cílem zjistit, zda je ochota mezi letci tyto přístroje používat, což je základní předpoklad jejich využitelnosti u leteckých škol.

3.1.1. Výsledky dotazníku

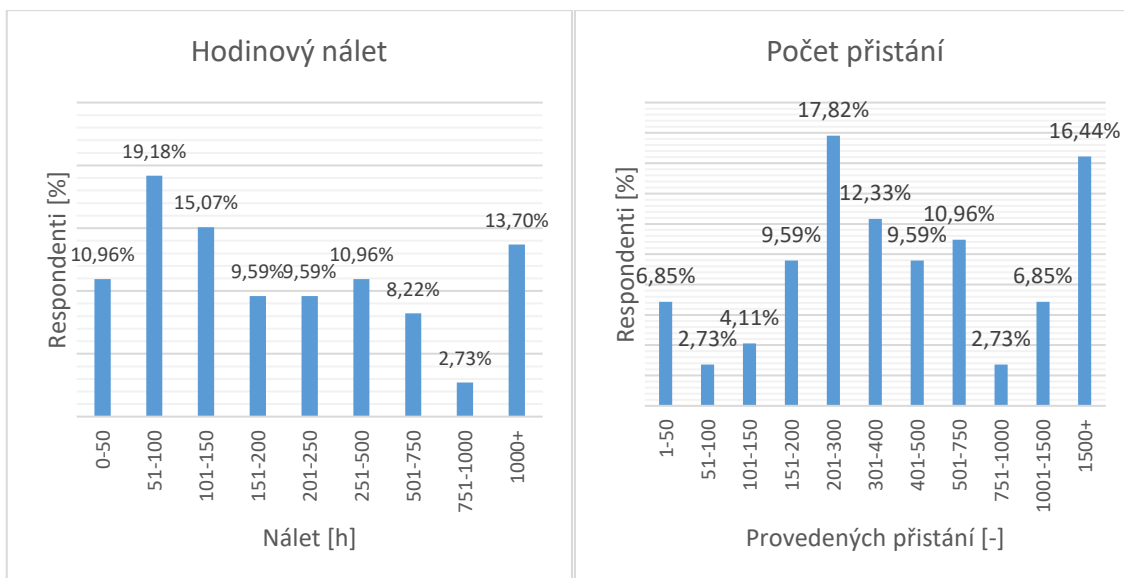
Vytvořeného dotazníku se účastnilo 66 (90,41 %) mužů a 7 (9,59 %) žen. Toto rozložení odpovídá přibližně rozložení pohlaví u leteckých studentů/studentek (88,29 % muži, 11,71 % ženy). [51] Největší skupinu respondentů tvořily osoby ve věku 20-29 let.



Graf 3.1.1.1: Věk respondentů

Graf 3.1.1.2: Pohlaví respondentů

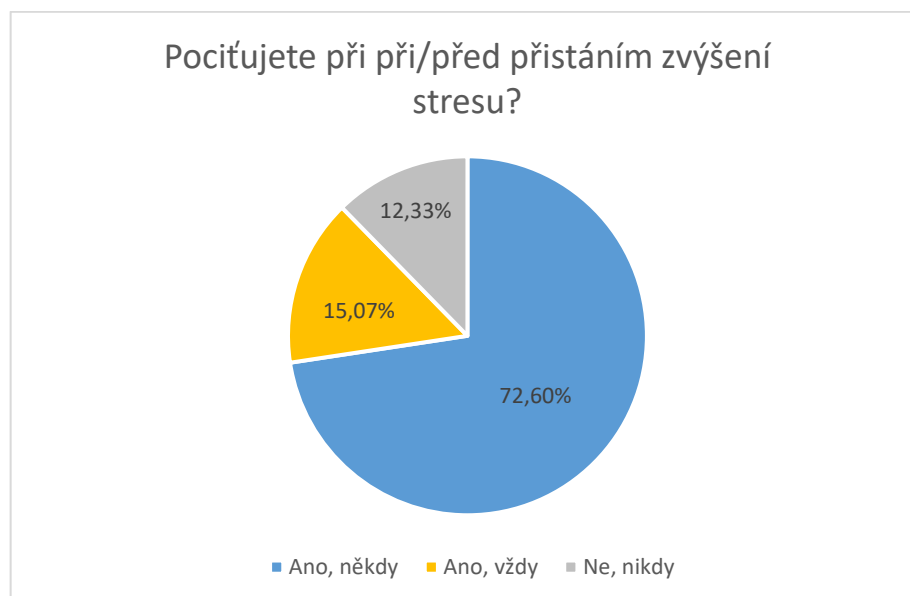
Hodinový nálet a počet přistání byly rovnoměrněji rozložené. Největší skupinu respondentů tvořili letci s náletem mezi 51 a 100 hodinami. Nejvíce respondentů mělo 201 až 300 přistání.



Graf 3.1.1.3: Počet přistání

Graf 3.1.1.4: Hodinový nálet

Pro vyhodnocení celého experimentu byla zvláště důležitá další otázka, která se zajímala o vliv konkrétních stresorů při přistání. Většina pilotů totiž uvedla, že alespoň někdy pociťuje zvýšení stresu před přistáním, nebo při něm.



Graf 3.1.1.5: Stres při přistání

Další otázka zjišťovala, jaké konkrétní vlivy pociťují piloti při přistání nejvíce. Za tímto účelem měli respondenti seřadit různé známé stresory při přistání podle jejich vlivu na ně. Zároveň byla ponechána možnost uvést vlastní odpověď a přiřadit jí pořadí. První pořadí odpovídalo nejvíce stresujícímu vlivu, osmé odpovídalo nejméně

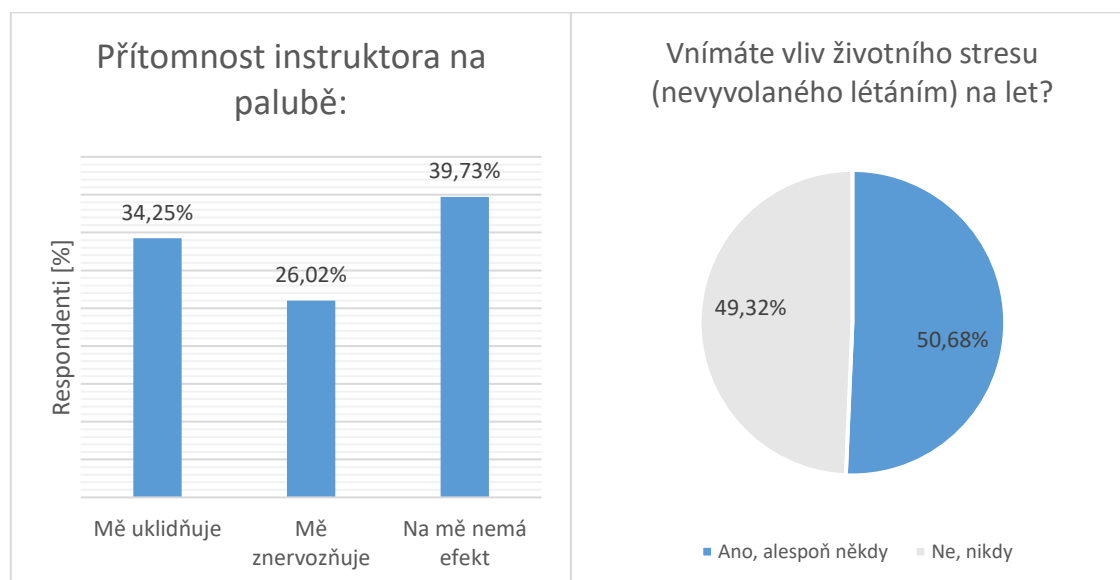
stresujícímu faktoru. Mezi vlastními odpověďmi dotázaných byly krátká, případně úzká dráha (pořadí 1), limitace západem slunce (pořadí 8), nový typ letadla (pořadí 3), technické potíže (pořadí 1), ŘLP (pořadí 7), nebo let po delší přestávce (pořadí 1).

Tabulka 3.1.1.1: Vliv stresorů při přistání

Odpověď	Průměrné pořadí	Rozptyl
Boční vítr	3,37	4,589
Snížená dohlednost	3,781	3,925
Vysoká hustota provozu	3,986	4,041
Termické poryvy	4	3,753
Přistání proti slunci	4,548	2,412
Neznámé letiště	4,329	3,645
Přistání s pasažéry na palubě	5,863	4,118
Další - prosím rozveďte v další otázce	6,123	8,683

Z dotazníku také vyplynula zajímavá informace, že přítomnost instruktora na palubě má na piloty značně rozdílné vlivy. To je potřeba vzít v potaz při měření a dotázat se subjektů, jak přítomnost instruktora pocítují.

Přibližně polovina (49,32 %) dotazovaných uvedla, že nepocítuje vliv životních stresorů, nevyvolaných létáním, při letu.



Graf 3.1.1.6: Vnímání životních stresorů

Graf 3.1.1.7: Pocity z instruktora na palubě

Druhá část dotazníku se soustředila na povědomí pilotů o Wearables. Bylo zjištěno, že je mezi piloty celkem vysoké a 42,47 % dotazovaných dokonce nějaký druh nositelné elektroniky vlastní. 80,82 % dotazovaných by bylo ochotno nějaké takové zařízení za letu nosit. Dále se většina respondentů vyjádřila kladně k otázkám, zda by si takovýto přístroj pořídili, nebo zda by dali přednost letecké škole využívající tyto technologie, pokud by byla prokázána pozitivní přidaná hodnota těchto přístrojů.

3.2. Metodika měření

Vzhledem ke značné finanční náročnosti takovýchto měření byl experiment realizován u studentů letecké školy. Díky tomu bylo možné provést měření s větším počtem účastníků při zachování nižší nákladnosti projektu. Kvůli nedostatku zdrojů byli účastníky ti piloti, kteří byli ochotni se měření účastnit. Nevýhodou zvoleného postupu bylo, že jednotliví piloti neměli stejný nálet, počet přistání a zkušeností obecně. Nacházeli se také v různých fázích letového výcviku, tedy ani jednotlivé lety neměly stejný průběh. Pokud by bylo k dispozici více zdrojů, bylo by vhodné provádět měření na větším vzorku se stejnými vstupními parametry a po delší dobu. Negativním vlivem byl i vývoj koronavirové situace a kvůli tomu snížení počtu studentů u některých leteckých škol. Tyto faktory mělo zmírnit provedení většího počtu přistání jedním pilotem při různé předpokládané složitosti. Při porovnání letů mezi sebou je však třeba uvážit nerovnost jednotlivých letů a pilotů. I přes to lze takto vypracovanou metodu využít jako návod pro další měření tohoto typu.

Pro měření byly zvoleny hodinky Apple Watch SE a náramek Xiaomi Mi Band 5, které byly upevněny každé na jednu ruku pilota. U obou zařízení bylo spuštěno cvičení pro zvýšení vzorkovací frekvence. Zvolena byla konkrétně jóga, neboť se na rozdíl od ostatních, v rámci experimentu vyzkoušených cvičení, sama nepřerušuje ani při nižší fyzické aktivitě. Pro možnost porovnání změn naměřených hodnot bylo nezbytné získat referenční hodnoty. Tyto byly naměřeny před samotným letem, když byl jedinec v klidu. Přibližně po 20 minutách byly hodnoty udávané zařízeními porovnány s pulzním oxymetrem, který byl uvažován jako standard. Tento čas sloužil pro ustálení měřených hodnot na daném jedinci. Odchylka hodnot byla uvažována oboustranně a je reflektována

ve vyhodnocení. Při pokusu bylo potřeba vzít v úvahu možnost zvýšení tepové frekvence fyzickým vypětím, zvýšením teploty nebo změnou dýchání.

Piloti před letem vyplnili 2 dotazníky, celkem zhruba na 20 minut. První dotazník slouží k posouzení dlouhodobého stresu působícího na jedince. Jedná se o dotazník Percieved Stress Questionnaire přeložený do českého jazyka. Druhý pak slouží k posouzení působení krátkodobého stresu, tzn. v jednotkách měsíců. Zde byl použit Percieved Stress Scale, také přeložený do českého jazyka. Byla také zaznamenána data jako nálet, nálet na typu, datum posledního letu, počet přistání a dosažené kvalifikace.

Při letech se jednalo o lety s instruktorem na palubě. Samotné měření při letu probíhalo spíše na pozadí a nemělo narušovat let. Pro dosažení větší pravděpodobnosti zachycení změny sledovaného parametru bylo provedeno více přistání s různou složitostí. Během letu instruktor vyplňoval hodnocení letu, přistání a posoudil, jak on sám vnímal letové podmínky daného letu.

Po letu pilot opět vyplnil dotazník, ve kterém uvedl, jaké rušivé vlivy na sobě vnímal a jak hodnotil přiblížení a přistání. Konkrétně byly hodnoceny údaje jako: rychlost, rychlost klesání, letové úkony, čistota pilotáže a ostatní, jako například eliminace bočního větru. Další informace, zejména o pociťovaném stresu, byly doplněny na základě rozhovorů s letci. Pouze díky těmto dotazníkům a rozhovorům bylo možné určit příčinu zvýšení stresu.

Zpracování dat Mi Band 5 je velmi snadné. Naměřené hodnoty jsou pomocí Bluetooth přeneseny do aplikace Mi Fit, která je kompatibilní s operačními systémy iOS i Android. Data mohou být zobrazena přímo v aplikaci nebo exportována jako CSV soubor a vyhodnocena v jiném programu. V případě tohoto měření byl využit program MS Excel. Dále mohou být využity funkce daného programu pro zpracování dat.

Zpracování dat Apple Watch je náročnější zejména z důvodu vysokého množství dat. Naměřené hodnoty jsou pomocí Bluetooth přeneseny do aplikace Health, která je kompatibilní pouze s operačním systémem iOS. Data mohou být vyhodnocena přímo v aplikaci nebo exportována jako XML soubor a vyhodnocena v jiném programu. To se však ukázalo při užití MS Excel náročné na výpočetní techniku. Při řešení tohoto

problému pomohl zvolený mezikrok, který spočíval v instalaci nejnovější verze Python (3.9) a dodatku Pandas a využití skriptu uživatele Jason Meno nalezeného na webových stránkách Github.com s názvem *Simple-Apple-Health-XML-to-CSV*. [52] Jedná se o open source řešení, které vyhovuje požadavkům konverze XML na CSV a dále bylo postupováno jako v případě Mi Band.

Do měření vstupuje několik proměnných jako jsou: nálet, počet přistání, nebo osobnost daného pilota. Proto se měření provedlo s větším počtem pilotů. Zároveň byl předem eliminován co největší počet změn. Měření realizována v jednomotorovém letounu probíhala ve stejném typu letadla a podobné denní době (kvůli oslnění). Ostatní vlivy byly posouzeny v konečném vyhodnocení. Data o letišti, dráze v používání, hustotě provozu a letadle byla shromážděna podle aktuální situace. Počasí bylo zaznamenáno buď ze zprávy METAR, případně z aplikace ALADIN/Windy, pokud letiště tyto zprávy nevydávalo.

Tato měření byla provedena primárně v jednomotorovém letounu. To jednak z důvodu nižší náročnosti provedení měření a jednak proto, že je předpoklad využitelnosti této metody při pilotním výcviku, zejména na jednomotorových letadlech. Lze předpokládat, že při letu se složitějším letadlem bude do měření vstupovat více chyb způsobených pohybem při úkonech a dalšími faktory. Vyhodnocení takto získaných dat bude pravděpodobně složitější. Pro ověření tohoto předpokladu byl proveden let na vícemotorovém letounu.

3.3.Průběh měření

Subjektivní hodnocení zkoumáme před a po letu. Vzniká tím však časový odstup mezi samotnou činností a může dojít ke zkreslení výsledků na základě chyb paměti. Měření tepové frekvence probíhá samostatně na pozadí bez nutnosti vstupů od pilota.

Měření na jednomotorovém letounu bylo provedeno se dvěma piloty. Oba piloti byli ve výcviku soukromého pilota PPL. První pilot prováděl lety po okruhu s měnící se náročností vzletu a přistání. Druhý pilot provedl let do prostoru a přistání na letištích po trase. Vzhledem k rozdílnosti obou jedinců a jimi prováděných letů je potřeba tato měření uvažovat odděleně a vyhodnotit výsledky zvlášť. Pro možnost pozorování

případné změny tepové frekvence bylo provedeno více přistání o různé obtížnosti s každým pilotem. Instruktor hodnotící oba piloty byl stejný.

Let na dvoumotorovém letounu probíhal z důvodu vyšší náročnosti pouze s jedním pilotem. Tento let sloužil pro ověření možnosti měření tepové frekvence i při letu se složitějším letounem, který vyžaduje větší počet úkonů a pohybů při letu. I zde bylo provedeno více přistání. Při tomto měření nastaly technické potíže se zvolenými zařízeními a došlo ke značnému snížení jejich vzorkovací frekvence a neprobíhalo tedy podle stanovené metodiky. Data získaná při tomto letu jsou v práci uvedena, ale nejsou uvažována při konečném vyhodnocení. Instruktor hodnotící tento let byl rozdílný od ostatních měření.

3.4. Pilot č. 1

Pilot č. 1 byl, z námi zkoumaných subjektů, ten nejméně zkušený. U dotazníku PSQ získal 51 bodů, což odpovídá indexu 0,233. Dlouhodobý stres, který na něho působí, byl stanoven jako nízký. V dotazníku PSS dosáhl skóre 15, tudíž mírný. Lze usoudit, že v poslední době zažívá větší stres než běžně. Samotný let probíhal jako nácvik okruhů s letnými přistáními a vzlety, přičemž se lišila jejich předpokládaná obtížnost.

3.4.1. Informace o posádce

První pilot, který se účastnil pokusu, měl v době měření nálet 13 h, z toho všech 13 h v letounu C-152, použitém pro účely měření. Před měřením provedl 56 přistání. Poslední let provedl 19.04.2021 a uvedl, že jej přítomnost instruktora na palubě uklidňuje.

Tabulka 3.4.1.1: Informace o pilotovi č. 1

Informace o pilotovi	
Věk	20
Nálet	13 h
Nálet na typu	13 h
Počet přistání	56
Přistání na typu	56
Získané kvalifikace	-
Poslední let	19.04.2021

Instruktor, který dohlížel na let, přistání a rozpoložení studenta v různých fázích letu byl zkušený letec s vysokým náletem a dobrými znalostmi použitého letounu a letiště.

Tabulka 3.4.1.2: Informace o instruktorovi

Informace o instruktorovi	
Nálet	9200 h
Nálet v pozici instruktora	2000 h
Získané kvalifikace	FI, FE, SEP, MEP, ATPL(A), B737, L410, TOWING - S BAN

3.4.2. Letadlo

Měření probíhalo na jednomotorovém nekomplexním letounu. Pro potřeby experimentu byl zvolen letoun Cessna C-152 (OK-MAJ). Jedná se o typ letounu, který má přívětivé letové charakteristiky a který je hojně provozován leteckými školami. Použité letadlo je vybaveno pro lety VFR.



*Obrázek 3.4.2.1: Letoun C-152 OK-MAJ.
Foto Lukáš Ožana*

3.4.3. Letiště

Pro měření s pilotem č. 1 bylo využito letiště Zábřeh (ICAO: LKZA), na kterém byly prováděny okruhy s letnými přistáními a vzlety. Letiště Zábřeh je VFR veřejné vnitrostátní letiště s travnatou dráhou 10R/28L o délce 900 m a šířce 60 m. [53] Během měření probíhal na letišti motorový provoz a na okruhu byla jiná letadla. Na letišti nebyla poskytována služba RADIO. Jedná se o letiště, na kterém sídlí letecká škola Pondus Air, u níž pozorovaný subjekt provádí výcvik a je tedy s letištem obeznámen.

3.4.4. Meteorologické podmínky

Let probíhal za občasných slabých dešťových přeháněk. Dle bezplatné aplikace Českého Hydrometeorologického Ústavu, Meteor - Aladin byla rychlost větru 1 kts ze severního směru. QNH bylo zaznamenáno jako 1013 hPa. Na letišti nejsou vydávány zprávy METAR. Vzhledem k blízkosti letiště Ostrava/Mošnov byly zaznamenány také zprávy METAR vydané pro Ostravu/Mošnov, ačkoliv sloužily pouze pro informaci o počasí jižně a udávaly stejný tlak.

LKMT 211300Z 11005KT 070V140 9999 FEW033 13/07 Q1013 TEMPO FEW030CB

3.4.5. Průběh letu

Let začal vzletem z dráhy 28L v 14:50 místního času (červená značka). Let probíhal celou dobu v ATZ LKZA. Během 30 minutového letu bylo provedeno 6 přistání na dráhu 28L, z toho 5 letmých.

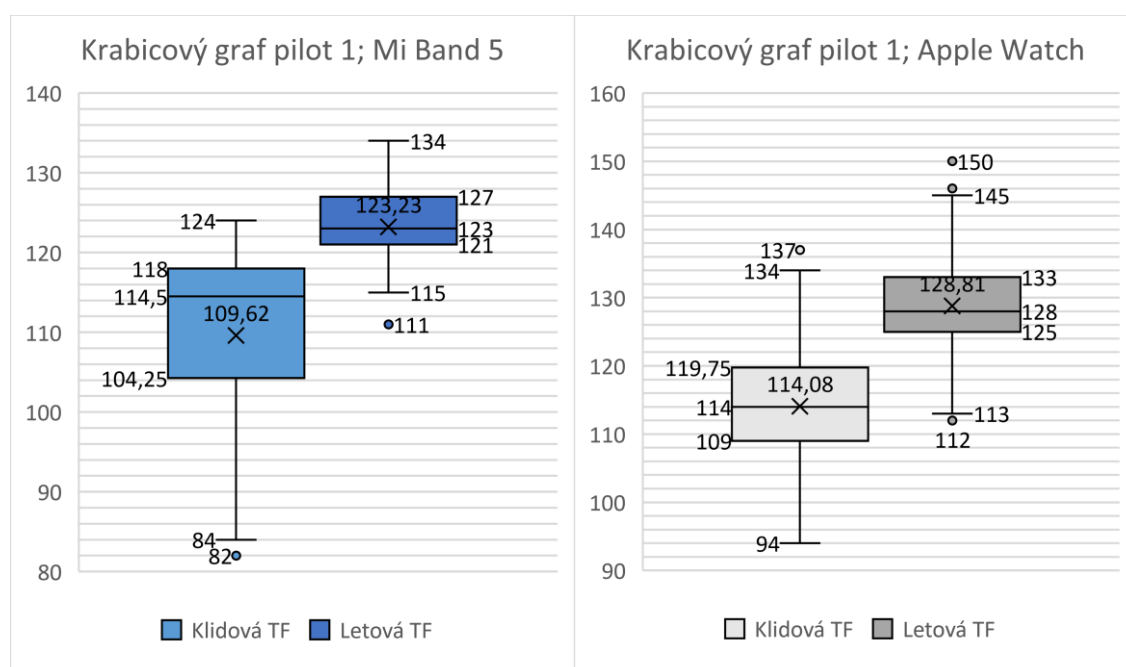
První přistání (žlutá značka) bylo provedeno bez přidání stresorů. Při vzletu po prvním přistání byl uskutečněn nácvik vysazení pohonné jednotky po vzletu, ale samotné druhé přistání (zelená značka) bylo opět provedeno bez přidání stresorů. Třetí přistání (fialová značka) probíhalo, stejně jako první, standardně. Čtvrté (modrá značka), stejně jako páté (ružová značka), přistání proběhla jako nácvik vynuceného přistání z polohy nad letištěm. Poslední, šesté, přistání (šedá značka) proběhlo také jako nácvik vynuceného přistání, avšak zde byl navíc přidán stresor simulovaného vysazení po vzletu po pátém přistání.

3.4.6. Naměřené hodnoty

Na levou ruku pilota byl, dle pokynů v uživatelské příručce, umístěn chytrý náramek Mi Band 5. Na jeho pravou ruku byly, také dle manuálu, umístěny Apple Watch SE. Ve 14:02 bylo spuštěno cvičení a student vyplnil dotazníky, aby byl dostatek času pro ustálení hodnot tepové frekvence. Hodnoty byly po vyplnění dotazníků porovnány s hodnotou udávanou pulzním oxymetrem. Hodnota pulzního oxymetru v tomto případě byla 100 (± 2) bpm, hodnota Apple Watch SE byla 100 bpm a Mi Band udával 102 bpm. Hodnota Apple Watch byla shodná s kalibračním přístrojem, tudíž nebyla uvažována

chyba. Hodnota Mi Bandu byla dostatečně blízko kalibračnímu přístroji, tudíž se pokračovalo s měřením. Odchyłka mezi Mi Band a oxymetrem však byla a je tudíž uvažována na obě strany a reflektována v grafech naměřených hodnot.

Nejčastější hodnoty v klidu a za letu jsou znázorněny v krabicových grafech níže. Minimální hodnota je omezena 1,5 x IQR spodního kvartilu a maximální hodnota je omezena 1,5 x IQR. Hodnoty nad/pod nejsou zahrnovány do výpočtu zobrazovaných ukazatelů, ale je vhodné vědět, že se v souboru dat takové hodnoty nacházejí. Nejvyšší hodnota udávána Apple Watch za letu byla 150 bpm a nejnižší 112 bpm, průměrná hodnota byla zaokrouhleně 129 bpm. Pro Mi Band byla nejvyšší hodnota za letu 134 bpm, nejnižší 111 bpm a průměrná hodnota zaokrouhleně 123 bpm.

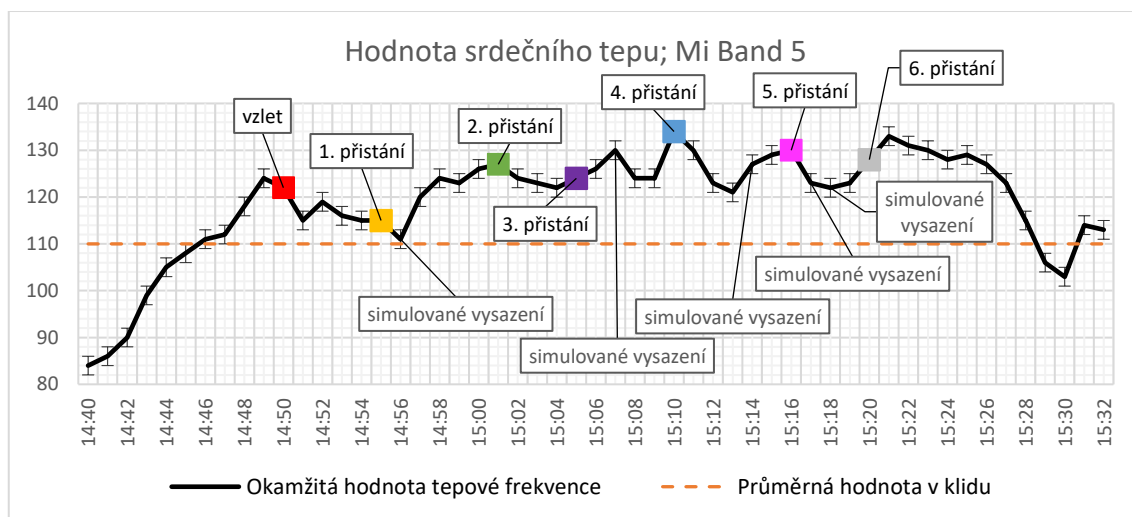


Graf 3.4.6.1: Krabicový graf pilot č.1; Mi Band 5 Graf 3.4.6.2: Krabicový graf pilot č.1; Apple Watch

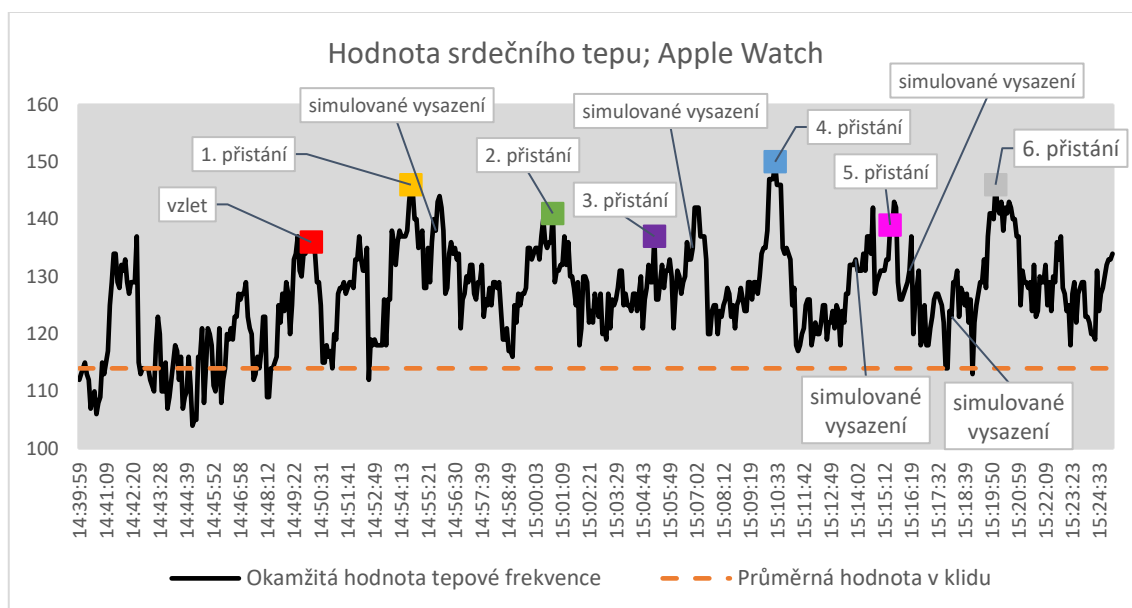
Tabulka 3.4.6.1: Hodnoty TF v klidu a za letu pilot č. 1

Mi Band 5	Nejvyšší hodnota	75% kvantil	Medián	Průměr	25% kvantil	Nejnižší hodnota
Klidová TF	124	118	114,5	109,62	104,25	84
Letová TF	134	127	123	123,23	121	115
Apple Watch	Nejvyšší hodnota	75% kvantil	Medián	Průměr	25% kvantil	Nejnižší hodnota
Klidová TF	134	119,75	114	114,08	109	94
Letová TF	145	133	128	128,81	125	113

Na grafu níže jsou vidět hodnoty tepu naměřených jednotlivými přístroji během letu. Jednotlivá zařízení mají různou frekvenci snímání hodnot tepové frekvence, na což je vhodné pamatovat při vyhodnocování grafů. Červený čtverec odpovídá okamžiku prvního vzletu. Ostatní čtverce odpovídají okamžiku dosednutí při daném přistání.



Graf 3.4.6.3: Hodnota TF pilot č. 1; Mi Band 5



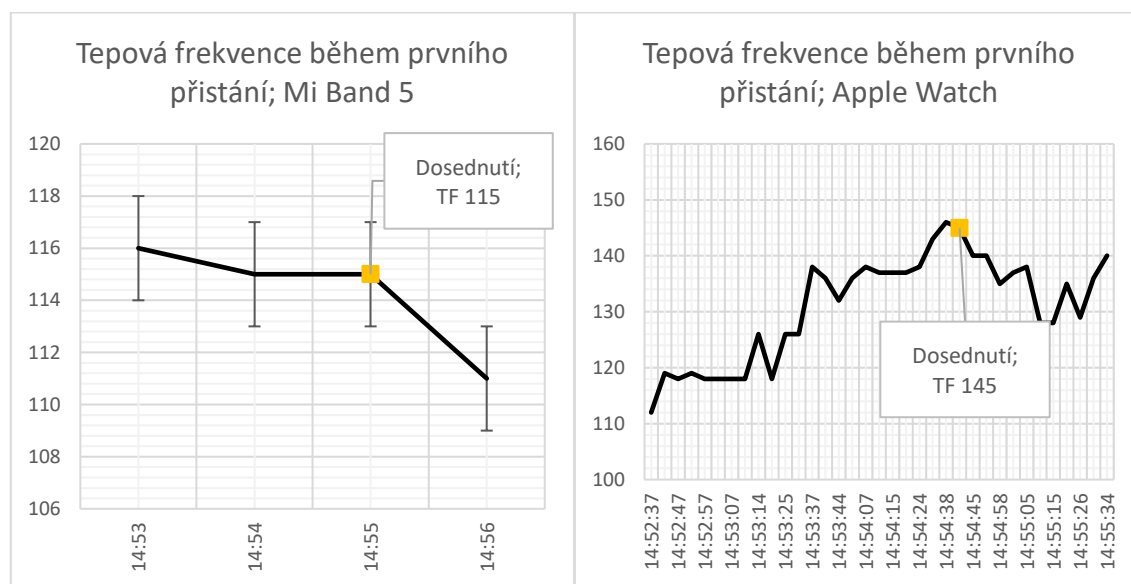
Graf 3.4.6.4: Hodnota TF pilot č. 1; Apple Watch

Z grafů je patrné, že vzorkovací frekvence je u Apple Watch vyšší než u Mi Band. Celkově jsou hodnoty naměřené Apple Watch vyšší a mají větší rozptyl hodnot. Lze však konstatovat, že trend je ve stejných okamžicích letu podobný mezi oběma přístroji.

Studentem byly během celého letu vnímány jako stresory: hustota provozu v okolí letiště 2/10, stav dráhy, 2/10, a komplexnost letounu (složitost úkonů) 3/10, přičemž 10 odpovídá označení: velmi stresující.

V dotazníku vyplněném po letu, uvedl pilot, že se při vzletech, 2/10, letu po okruhu, 1/10, a před přiblížením, 2/10, cítil být spíše klidný, přičemž při vzletech se jeho vnímaná úroveň stresu zvýšila, 5/10. Instrukturovi, který hodnotil přistání, připadal student nejméně klidný před přiblížením, 5/10. V ostatních fázích letu vnímal studenta jako spíše klidného, 3/10.

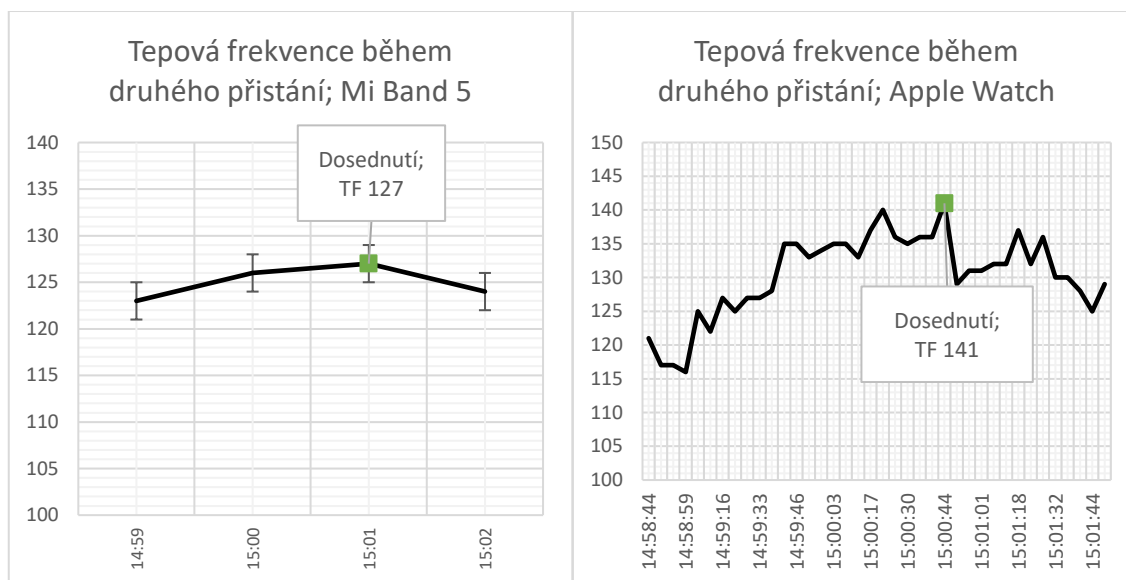
První přistání bylo dle studenta náročné, protože bylo první a projevila se přestávka od posledního letu. Ačkoliv nebyly přidány další stresory, hodnotil jej jako 4. nejstresovější, hned po přistání s nácviem vysazeného motoru. K tomu může přispívat i nácviem vysazení po vzletu, který tomuto přistání následoval. Kvalitu přistání subjektivně hodnotil pouze jako 2/10. Instruktore zvolil hodnocení 6/10. Hodnota naměřena Mi Band byla v okamžiku dosednutí 115 (+2) bpm. Apple Watch naměřily hodnotu v okamžiku dosednutí 135 bpm.



Graf 3.4.6.5: Hodnota TF přistání 1; Mi Band 5 **Graf 3.4.6.6: Hodnota TF přistání 1; Apple Watch**

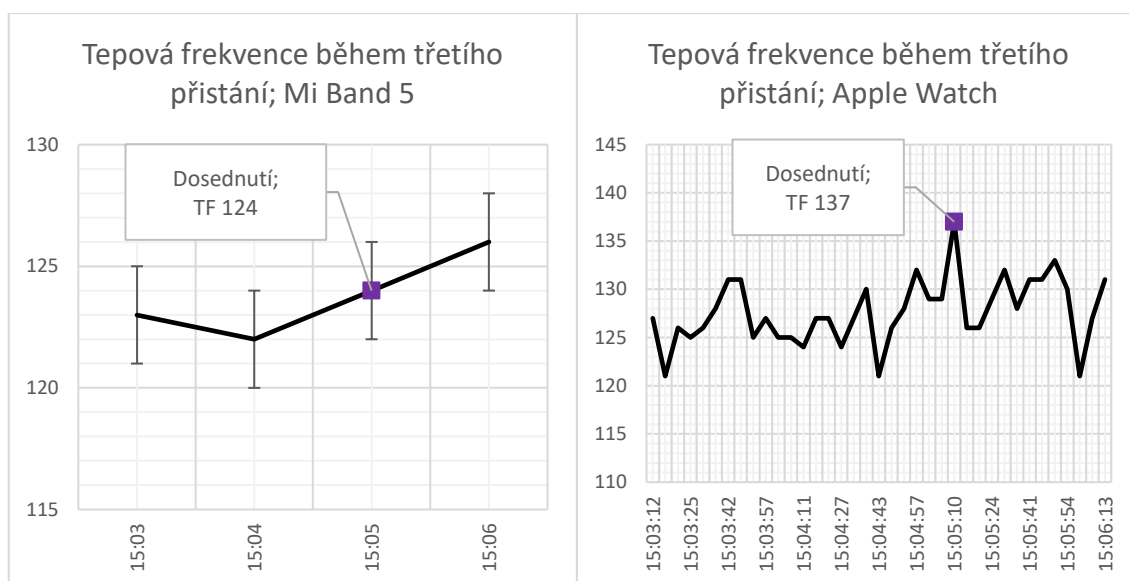
Druhý okruh začal s nácviem vysazení pohonné jednotky po vzletu. Student uvedl, že v důsledku toho došlo ke zvýšení stresu a nárůst je zřejmý i na grafu celkového průběhu letu. Přistání probíhalo opět standardně. Student hodnotil přistání jako 5.

nejstresovější. Uvedl, že při přistání již nepocíťoval negativní vlivy nácviku vysazení po přistání. Své přistání z pohledu kvality hodnotil opět 2/10, ačkoliv instruktor dal vyšší hodnocení 8/10. Hodnota tepové frekvence dle Mi Band byla 126 (+-2). Hodnota udávána Apple Watch byla 141 bpm.



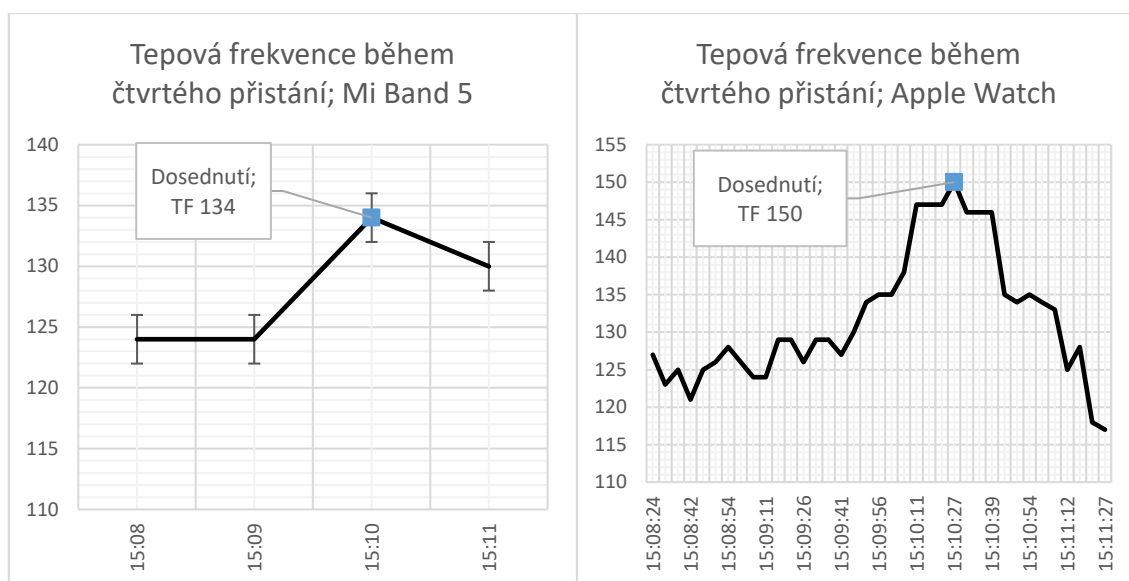
Graf 3.4.6.7:: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5 Graf 3.4.6.8: Hodnota TF přistání 2; Apple Watch

Třetí okruh a přistání probíhaly standardně. Jednalo se o, z pohledu studenta, nejméně stresové přistání. Uvedl, že se při něm cítil nejvíce v klidu. Hodnocení kvality přistání však bylo opět pouze 2/10. Instruktor hodnotil kvalitu přistání 6/10. Tepová frekvence při tomto přistání nenarostla tak strmě jako u ostatních přistání a studentova TF byla při dosednutí nejnižší. Mi Band naměřil 124 (+-2)bpm, Apple Watch 137 bpm.



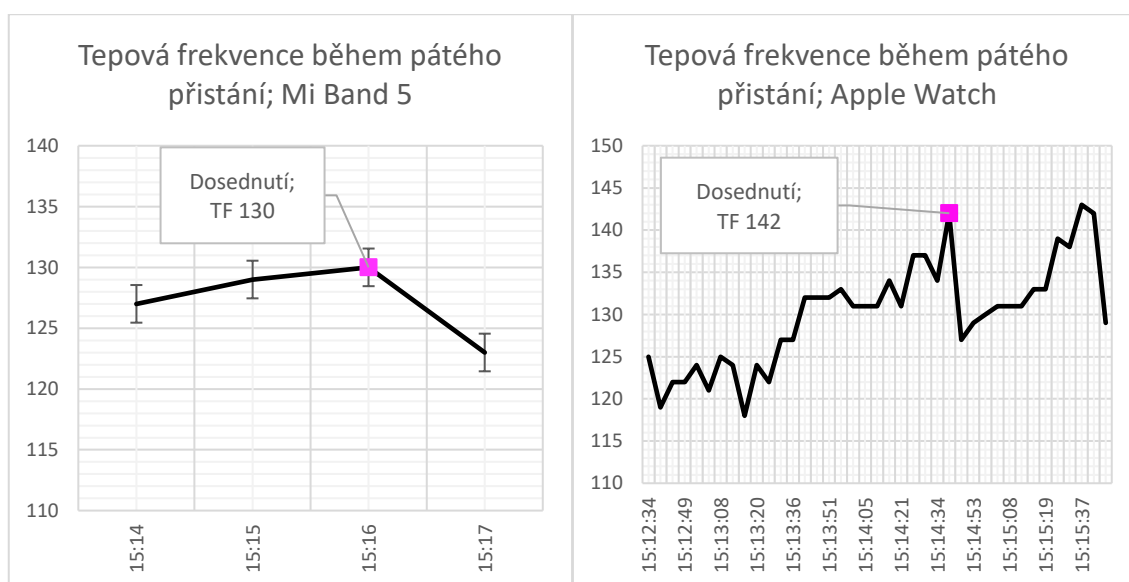
Graf 3.4.6.9: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5 **Graf 3.4.6.10: Hodnota TF přistání 3; Apple Watch**

Čtvrté přistání bylo první, které proběhlo jako nácvik vynuceného přistání z polohy nad letištěm. Student uvedl, že se jednalo o nejvíce stresující přistání. Jako primární důvod uvedl, že se jednalo o první nácvik přistání s vysazeným motorem toho letu a že si u ostatních byl jistější. Student hodnotil svůj výkon 2/10. Instruktor toto přistání celkově ohodnotil nejhůře ze všech tohoto letu 4/10. Toto je zajímavé zvláště proto, že se jedná o přistání, při kterém byla také naměřena nejvyšší hodnota tepové frekvence studenta. Konkrétně naměřil chytrý náramek Mi Band 134 (+2) bpm a Apple Watch naměřil 150 bpm.



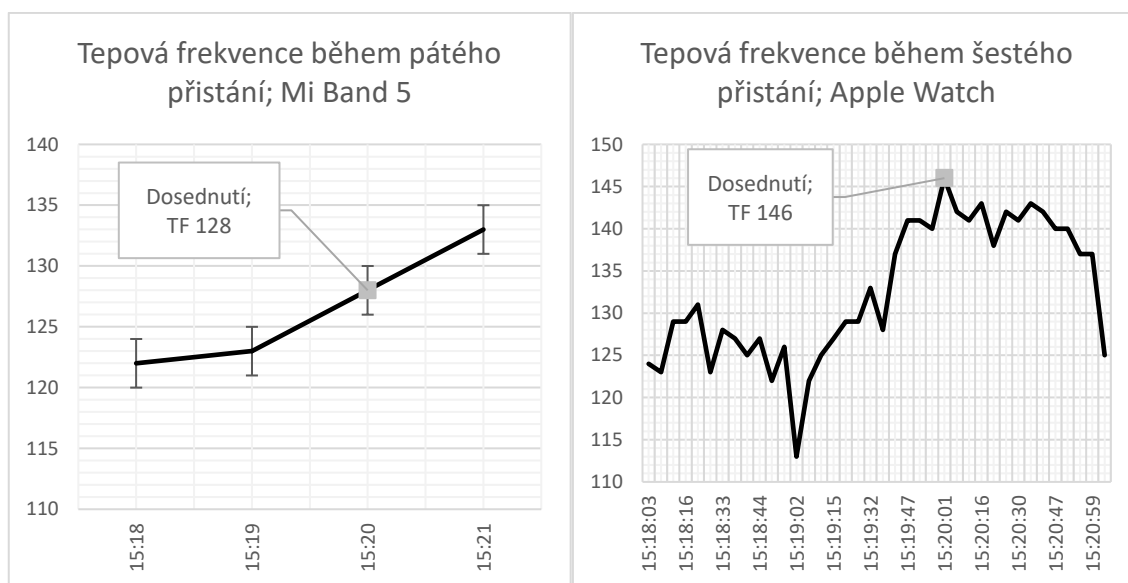
Graf 3.4.6.11: Hodnota TF přistání 4; Mi Band 5 **Graf 3.4.6.12: Hodnota TF přistání 4; Apple Watch**

Páté přistání bylo také provedeno jako nácvik vynuceného přistání z polohy nad letištěm. Jednalo se o 3. nejstresovější přistání, z pohledu studenta. Instruktor přistání hodnotil 6/10, student opět 2/10. Mi Band naměřil 130 (+2) bpm, Apple Watch 142 bpm. Za povšimnutí stojí, že tepová frekvence již nevzrostla tak vysoko jako při předchozím přistání.



Graf 3.4.6.13: Hodnota TF přistání 5; Mi Band 5 **Graf 3.4.6.14: Hodnota TF přistání 5; Apple Watch**

Šesté, poslední, přistání následovalo po nácviku vysazení pohonné jednotky při vzletu. Předpoklad byl, že u tohoto přistání bude nejvyšší hodnota tepové frekvence. Student po letu však uvedl, že ho vnímal pouze jako 2. nejvíce stresující. Uvedl, že na sobě v době přistání již příliš nepocíťoval následky vysazení po vzletu. Z grafu TF během celého letu je také patrné, že došlo k relativně rychlému snížení tepové frekvence po nácviku vysazení po vzletu. Ačkoliv došlo k navýšení tepové frekvence při přistání, nebyly zde naměřené nejvyšší hodnoty. Mi Band naměřil 128 (+2) bpm a Apple Watch 146 bpm.



Graf 3.4.6.15: Hodnota TF přistání 6; Mi Band 5 Graf 3.4.6.16: Hodnota TF přistání 6; Apple Watch

Na detailních grafech tepové frekvence během přistání můžeme pozorovat také podobnou tendenci změny během daného okamžiku, tudíž lze považovat měření za úspěšné.

3.4.7. Vyhodnocení dat

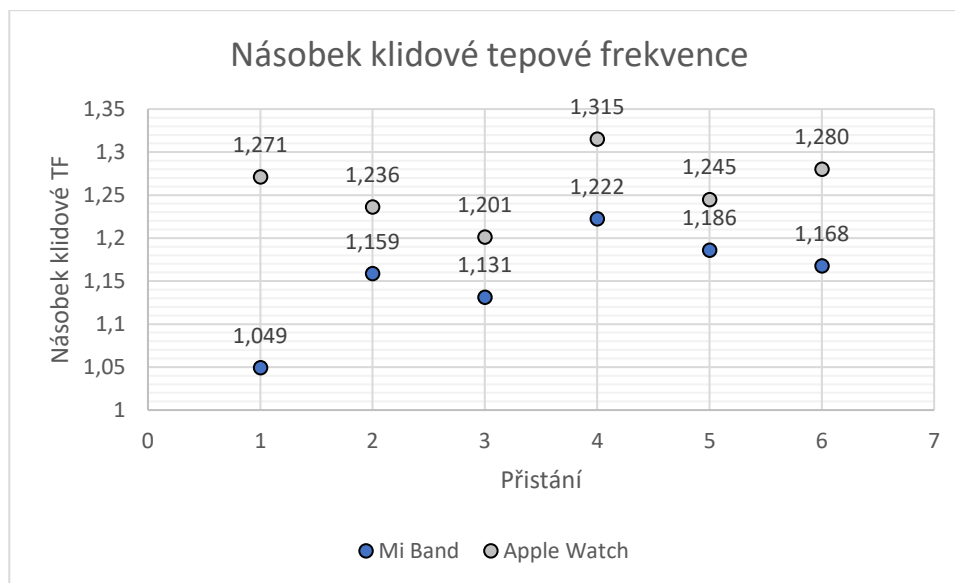
Při vyhodnocení krabicových grafů a rozboru letu se studentem je patrné, že byl před letem nervózní, což vedlo ke zvýšené klidové tepové frekvenci. Také lze pozorovat zvýšení stresu za letu, která byla u průměrných hodnot zhruba stejná.

Pro porovnání jednotlivých přistání mezi sebou došlo k převodu tepové frekvence na koeficient klidové tepové frekvence, naměřené na daném zařízení. Při vyhodnocení

dat byla pozornost věnována oblastem s vyšší tepovou frekvencí. Předpoklad byl, že nejvyšší zvýšení bude v okolí vzletů, přistání a simulovaných vysazení pohonné jednotky. To z toho důvodu, že z poletového rozboru vyplynulo, že sám student tyto situace vnímal jako nejvíce stresové.

V obou grafech se však vyskytuje zvýšená hodnota kolem času 14:52, kterou nelze jednoznačně vysvětlit. Je možné uvažovat, že se jednalo o let v poloze po větru a nutnost provedení úkonů, což mohlo studenta stresovat, zvláště vzhledem k tomu, že se jednalo o první okruh toho letu. Zároveň je hodnota naměřená zařízením Mi Band pro první sice vyšší než průměrná hodnota klidové tepové frekvence, ale nižší než průměrná hodnota tepové frekvence za letu. To neodpovídá očekávanému předpokladu, ani trendu druhého zařízení. Vysvětlením může být, že došlo k posunutí náramku při pohybu pilota a tudíž ke zkreslení měření. Pro tyto případy probíhalo měření na několika zařízeních. Ostatní přistání více korespondují mezi zařízeními a lze tedy dovodit, že se jednalo o ojedinělý případ.

V grafu níže jsou naměřené hodnoty převedeny na koeficient průměrné TF v klidu. Tak lze lépe porovnat studentovo subjektivní hodnocení přistání s námi naměřenými hodnotami. Pokud je uvažován Apple Watch, odpovídá měření 4/6 přistání, přičemž 1. a 5. přistání jsou na opačných pozicích. Mi Band odpovídá pouze 1/6 a to 4. přistání. Pokud není uvažováno 1. přistání, z důvodu předpokládané chyby při měření, odpovídala by 3/5 přistání, přičemž pouze 5. a 6. by nebyly na pozicích udávaných studentem.



Graf 3.4.7.1: Koefficient klidové TF při přistání pilot č. 1

3.5. Pilot č. 2

Pilot č. 2 byl zkušenějším pilotem a blížil se k dokončení výcviku PPL. U dotazníku PSQ získal 71 bodů, což odpovídá indexu 0,455. Tudíž byla úroveň dlouhodobý stres posouzena jako mírná/vysoká, neboť se nachází na hranici intervalů. V dotazníku PSS dosáhl skóre 19, tudíž mírný. Z toho lze usoudit, že v poslední době zažívá nižší stres než běžně. Samotný let probíhal jako let do prostoru s přistáními na letištích po cestě. Způsob přistání a druh letišť se lišil.

3.5.1. Informace o posádce

Druhý pilot měl před provedením měřicího letu nálet 45 h, z čehož byly všechny na typu C-152. Před měřením provedl 157 přistání, také všechny na stejném typu letadla. Poslední let provedl 20.04.2021 a uvedl, že na něj přítomnost instruktora na palubě nemá vliv.

Tabulka 3.5.1.1: Informace o pilotovi č. 2

Informace o pilotovi	
Věk	27
Nálet	45 h
Nálet na typu	45 h
Počet přistání	157
Přistání na typu	157
Získané kvalifikace	-
Poslední let	20.04.2021

Instruktor, který dohlížel na let, přistání a rozpoložení studenta v různých fázích letu byl stejný jako u pilota č. 1. Jedná se o zkušeného letce s vysokým náletem a dobrými znalostmi použitého letounu a letišť.

Tabulka 3.5.1.2: Informace o Instruktorovi

Informace o instruktorovi	
Nálet	9200 h
Nálet v pozici instruktora	2000 h
Získané kvalifikace	FI, FE, SEP, MEP, ATPL(A), B737, L410, TOWING - S BAN

3.5.2. Letadlo

Měření probíhalo na stejném letounu, tedy jednomotorovém nekomplexním letounu, Cessna C-152 (OK-MAJ). Jedná se o typ letounu, který má přívětivé letové charakteristiky a který je hojně provozován leteckými školami. Použité letadlo je vybaveno pro lety VFR.



Obrázek 3.5.2.1 Letoun C-152 OK-MAJ. Foto Lukáš Ožana

3.5.3. Letiště

Pro měření s pilotem č. 2 bylo využito letiště Zábřeh (ICAO: LKZA), ze kterého byl proveden první vzlet a na kterém proběhlo konečné přistání. Letiště Zábřeh je VFR veřejné vnitrostátní letiště s travnatou dráhou 10R/28L o délce 900 m a šířce 60 m. [53] Během měření se na letišti nevyskytoval další provoz. Na letišti nebyla poskytována služba RADIO. Jedná se o letiště, na kterém sídlí letecká škola Pondus Air, u níž pozorovaný subjekt provádí výcvik a je tedy s letištěm obeznámen.

Letiště Ostrava/Mošnov bylo využito pro 2 přistání, jedno letmé a jedno plné. Jedná se o IFR a VFR veřejné mezinárodní letiště s jednou betonovou dráhou 04/22 o délce 3511 m a šířce 63 m. [53] Na letišti byla poskytována služba řízení letového provozu a byl vysílán METAR. Pilot byl s letištěm obeznámen.

Letiště Hranice je VFR veřejné vnitrostátní letiště s travnatou dráhou 05/23 o délce 735 m a šířce 150 m. [53] Během měření na letišti nebyl jiný provoz a nebyla poskytována žádná služba poskytování informací o známém provozu. Na tomto letišti byl proveden nácvik bezpečnostního přistání. S tímto letištěm byl pilot obeznámen.

3.5.4. Meteorologické podmínky

Let začal, oproti předchozímu měření, za silnějšího větru, udávaného aplikací 4 kts z jihozápadního směru, ale bez přeháněk a oblačnosti v okolí letiště. Hodnota QNH byla zaznamenána 1012.

LKMT 211700Z 23012KT CAVOK 13/06 Q1012 NOSIG

Na trati letu se vyskytovala častá oblačnost s přeháňkami a poslední přistání probíhalo za deště.

LKMT 211630Z 22010KT 9999 SCT030 13/05 Q1012 NOSIG

Informace METAR letiště LKMT byly zaznamenány pro čas, kdy se a letišti prováděla námi pozorovaná činnost. Ostatní letiště zprávy METAR/ATIS nevydávají.

3.5.5. Průběh druhého letu

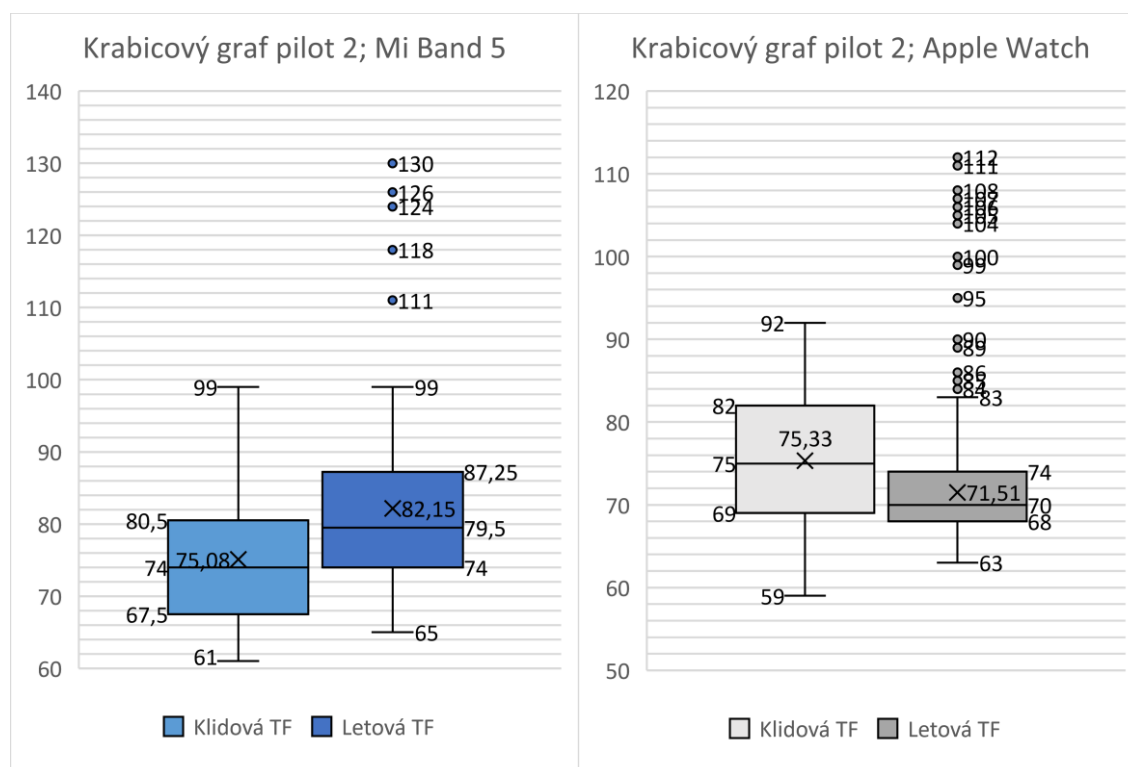
Let začal vzletem z dráhy 28L v 17:26 místního času (červená značka). Let dále pokračoval mimo ATZ LKZA, směrem k CTR LKMT, kde proběhlo letmé přistání a vzlet na dráze 04 (žlutá značka). Následně piloti pokračovali na letiště LKHN. Zde proběhl nácvik bezpečnostního přistání na dráze 23 (zelená značka). Poté se let ubíral zpět na letiště LKMT, kde bylo provedeno plné přistání na dráho 22 (fialová značka). Poté následoval let zpět na LKZA, kde v 18:51 proběhlo poslední přistání (modrá značka).

3.5.6. Naměřené hodnoty

Tentokrát proběhlo měření se změnou ruky, na kterou byla zařízení umístěna. Na pravou ruku byl, dle pokynů výrobce, umístěn chytrý náramek Mi Band 5. Na levou ruku byly, také podle uživatelského manuálu, upevněny Apple Watch. Následně bylo, v 16:15, u obou zařízení spuštěno cvičení a student vyplnit dotazníky. Během tohoto času se ustálily hodnoty tepové frekvence. Hodnoty byly po vyplnění dotazníků porovnány s hodnotou udávanou pulzním oxymetrem. Hodnota pulzního oxymetru v tomto případě byla 59 (± 2) bpm, hodnota Apple Watch SE byla 59 bpm a Mi Band udával 61 bpm.

Hodnota Apple Watch byla opět shodná s kalibračním přístrojem, tudíž není uvažována odchylka. Hodnota Mi Band byla v rámci deklarované chyby kalibračního přístroje, tudíž se pokračovalo v měření. Opět je odchylka uvažována na obě strany a reflektována v grafech.

Nejčastější hodnoty v klidu a za letu jsou v krabicových grafech níže. Minimální hodnota je omezena 1,5 IQR spodního kvantilu a maximální hodnota je omezena 1,5x IQR. Hodnoty nad/pod nejsou zahrnovány do výpočtu zobrazovaných ukazatelů, ale je vhodné vědět, že se v souboru dat takové hodnoty nacházejí.

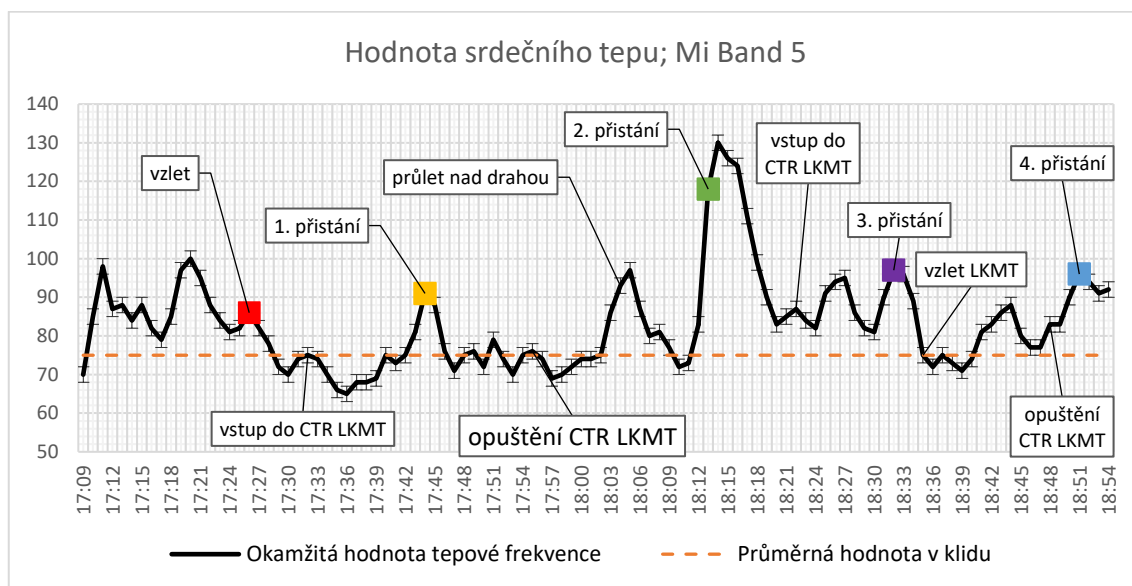


Graf 3.5.6.1: Krabicový graf pilot č. 2; Mi Band 5 Graf 3.5.6.2: Krabicový graf pilot č. 2; Apple Watch

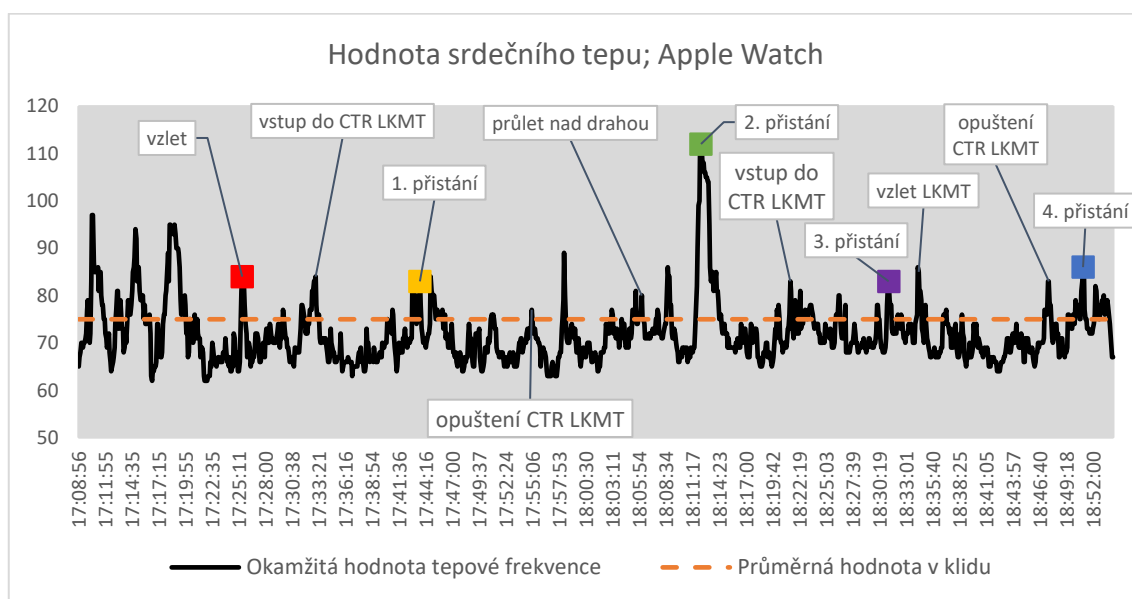
Tabulka 3.5.6.1: Hodnoty TF v klidu a za letu pilot č. 2

Mi Band 5	Nejvyšší hodnota	75% kvantil	Medián	Průměr	25% kvantil	Nejnižší hodnota
Klidová TF	99	80,5	74	75,08	67,5	61
Letová TF	99	87,25	79,5	82,15	74	65
Apple Watch	Nejvyšší hodnota	75% kvantil	Medián	Průměr	25% kvantil	Nejnižší hodnota
Klidová TF	92	82	75	75,33	69	59
Letová TF	83	74	70	71,51	68	63

Na grafech níže jsou vidět hodnoty tepu naměřených jednotlivými přístroji během letu. Jednotlivá zařízení mají různou frekvenci snímání hodnot tepové frekvence, na což je vhodné pamatovat při vyhodnocování grafů. Nejvyšší hodnota naměřená Mi Band během letu byla 130 bpm, nejnižší 65 bpm a průměrná hodnota zaokrouhleně 82 bpm. Nejvyšší hodnota udávána Apple Watch za letu byla 112 bpm a nejnižší 63 bpm, průměrná hodnota byla zaokrouhleně 72 bpm. Červený čtverec odpovídá okamžiku prvního vzletu. Ostatní čtverce odpovídají okamžiku dosednutí při daném přistání.



Graf 3.5.6.3: Hodnota TF pilot č. 2; Mi Band 5

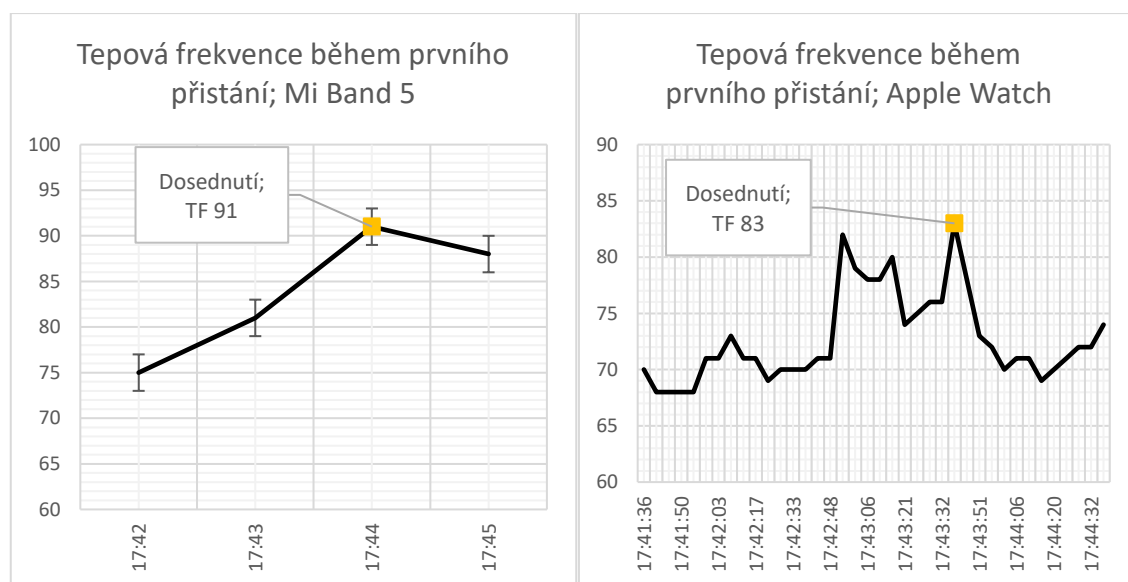


Graf 3.5.6.4: Hodnota TF pilot č. 2; Apple Watch

Z grafů je patrné, že vzorkovací frekvence je u Apple Watch vyšší než u Mi Band. Celkově jsou hodnoty naměřené Apple Watch nižší a mají menší rozptyl hodnot. Lze však říci, že trend se v stejných okamžicích letu shoduje mezi přístroji. Studentem byly při přistáních jako stresory vnímány nejvíce ŘLP 5/10. Dále vnímal vliv snížené dohlednosti (dané deštěm) 4/10, zatuhlost (let po delší přestávce), boční vítr a komplexnost letounu 3/10. Nejméně studenta stresovaly termické poryvy a přítomnost instruktora, 2/10.

V dotazníku vyplněném po letu uvedl pilot, že se při samotném letu, 4/10, před přiblížením, 4/10, a při přistání, 5/10, cítil být více klidný, přičemž při fázi vzletu se jeho vnímaná úroveň stresu zvýšila, 6/10. Instruktorovi, který hodnotil přistání, připadal student nejméně klidný, 5/10, při vzletu. Při přiblížení a přistání jako spíše klidnějšího, 4/10. Nejklidněji vnímal studenta při samotném letu, 3/10.

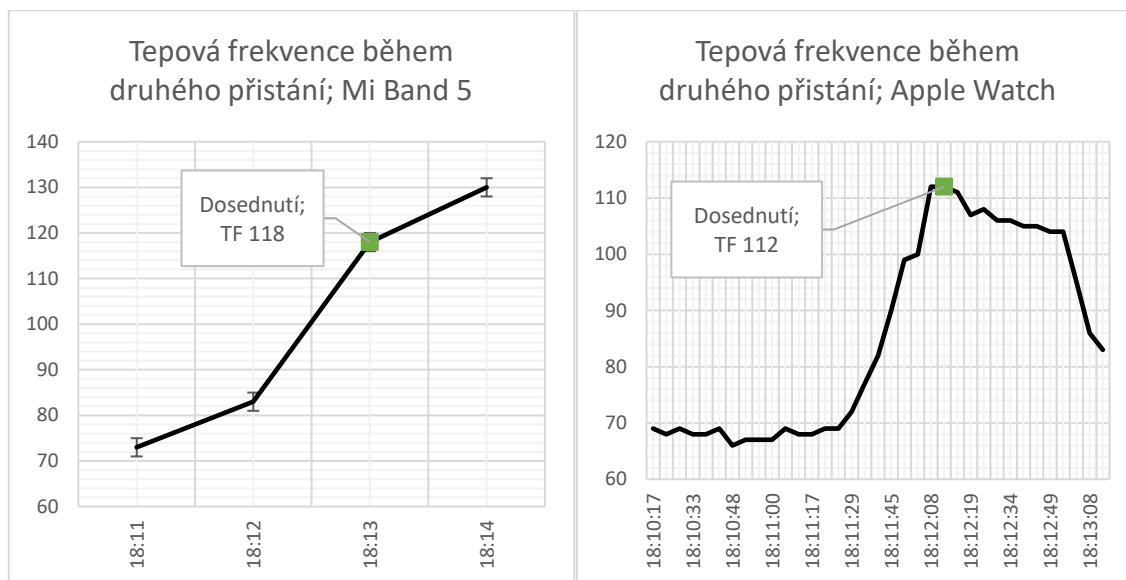
Při prvním přistání, které bylo letmé, bylo potřeba navíc komunikovat s ŘLP, což je stresor, který student nejvíce vnímal. Z pohledu stresu se dle studenta však jednalo o nejméně stresující přistání, vzhledem k tomu, že bylo za přívětivých meteorologických podmínek. Své přistání hodnotil student 3/10. Instruktor hodnotil 6/10. Hodnota naměřena Mi Band byla v okamžiku dosednutí 84 (+2) bpm. Apple Watch naměřily hodnotu v okamžiku přistání 91 bpm.



Graf 3.5.6.5: Hodnota TF přistání 1; Mi Band 5

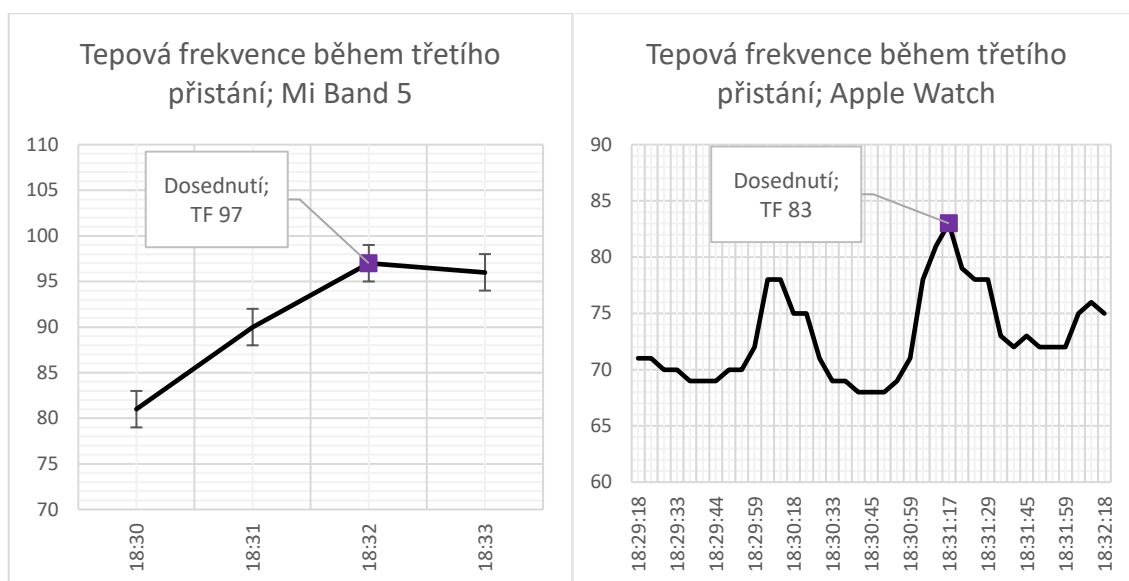
Graf 3.5.6.6: Hodnota TF přistání 1; Apple Watch

Druhé přistání bylo nácvikem bezpečnostního přistání. Student jej ohodnotil jako nejvíce stresující. Jako hlavní důvody uvedl složitost manévru a rychlost po sobě následujících úkonů. Student hodnotil přistání opět 3/10, instruktor 6/10. Jednalo se o přistání s nejvyšší hodnotou tepové frekvence. Mi Band naměřil v okamžiku přistání 112 (+2) bpm. Apple Watch naměřily hodnotu v okamžiku přistání 118 bpm.



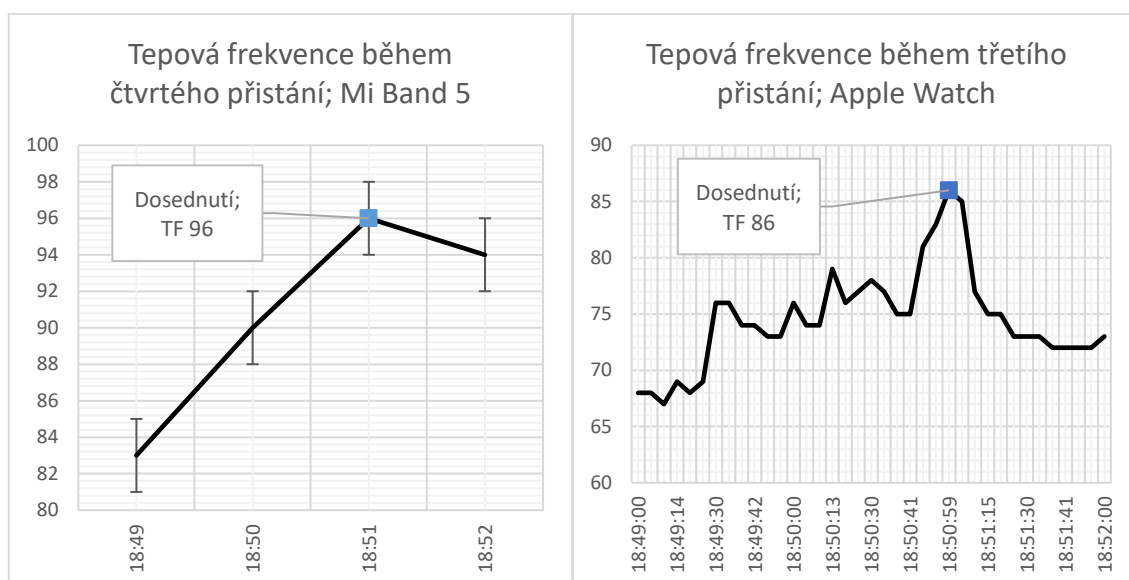
Graf 3.5.6.7: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5 Graf 3.5.6.8: Hodnota TF přistání 2; Apple Watch

Třetí, plné, přistání proběhlo opět na řízeném letišti, tudíž s nutností komunikace s ŘLP, navíc s horší meteorologickou situací oproti prvnímu přistání. Student ho, kvůli zmíněným faktorům, hodnotil jako 2. nejstresovější. Kvalitu přistání hodnotil student 3/10. Instruktor toto přistání hodnotil nejlépe, 9/10, tudíž skoro perfektní.



Graf 3.5.6.9: Hodnota TF přistání 3; Mi Band 5 **Graf 3.5.6.10: Hodnota TF přistání 3; Apple Watch**

Poslední přistání probíhalo na neřízeném letišti, ale za deště. Student toto přistání z pohledu stresu hodnotil jako 3. nejstresovější. Jako hlavní důvod uvedl právě počasí. Z pohledu kvality jej student ohodnotil nejlépe, 4/10. Instruktor přistání ohodnotil 7/10.



Graf 3.5.6.11: Hodnota TF přistání 4; Mi Band 5 **Graf 3.5.6.12: Hodnota TF přistání 4; Apple Watch**

Na detailních grafech tepové frekvence během přistání můžeme pozorovat také podobnou tendenci změny během daného okamžiku, tudíž lze považovat i toto měření za úspěšné.

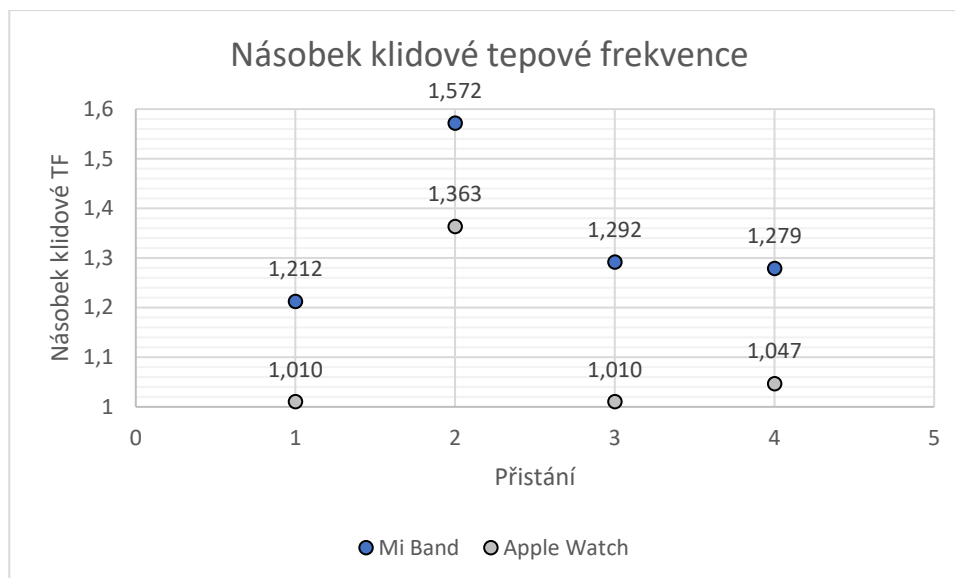
3.5.7. Vyhodnocení dat

Při vyhodnocení krabicových grafů a rozboru se studentem bylo možné konstatovat, že student nebyl před letem příliš nervózní. Díky tomu měl klidovou tepovou frekvenci v normě. Zajímavé je, že hodnoty naměřené za letu mají nižší průměrnou změnu, ale vyšší extrémy než u předchozího posuzovaného pilota. U Apple Watch to dokonce vedlo ke krabicovému grafu, který má nižší průměrnou hodnotu za letu. Způsobuje to vyšší počet vysokých okrajových hodnot.

Pro porovnání jednotlivých přistání mezi sebou došlo k převodu tepové frekvence na koeficient klidové tepové frekvence, naměřené na daném zařízení. Při vyhodnocení dat byl kladen důraz na oblasti s vyšší tepovou frekvencí. Předpoklad byl, že nejvyšší zvýšení bude v okolí vzletů, přistání a při průletu v rámci nácviku bezpečnostního přistání. Nebylo zřejmé, zda let do prostoru bude na pilota působit více nebo méně stresově. Z grafu a poletového rozboru lze usoudit, že to studenta výrazně nestresovalo. Z grafu a poletového rozboru také vyplynulo, že student vnímal stresové situace, ve kterých bylo potřeba komunikovat s ŘLP, tedy vstup a výstup z CTR a přistání na letišti Ostrava/Mošnov.

V grafu Apple Watch se vyskytuje zvýšená hodnota, 89 bpm, v čase 17:58:22, kterou nelze jednoznačně odůvodnit. Vzhledem k tomu, že hodnota zleva je, 79 bpm, v čase 17:58:14 a zprava je hodnota 74 bpm, v čase 17:58:33, a na grafu Mi Band se toto zvýšení nevyskytuje, je předpoklad, že se jednalo o chybu. Koeficient klidové tepové frekvence přibližně odpovídá pro jednotlivá přistání mezi zařízeními. Měření tedy bylo vyhodnoceno jako úspěšné i přes relativně nízký koeficient u Apple Watch.

V grafu níže jsou naměřené hodnoty převedeny na koeficient průměrné TF v klidu. Lze lépe porovnat studentovo subjektivní hodnocení přistání s naměřenými hodnotami. Hodnoty naměřené Mi Band 5 souhlasí se studentovým hodnocením. Pokud uvažujeme Apple Watch, odpovídá subjektivnímu hodnocení 2/4 přistání, konkrétně druhé a první. Čtvrté přistání má vyšší koeficient TF než 3. přistání.



Graf 3.5.7.1: koeficient klidové TF při přistání pilot č. 2

3.6. Pilot č. 3

Druhé měření bylo provedeno na dvoumotorovém letounu, protože při pilotáži takového letounu jsou na pilota kladeny vyšší nároky. Jak na vnímání a pozornost, tak na motoriku a paměť. Bylo tedy zajímavé zkoumat, zda je možné sledovat navýšení stresu, i přes předpokládané zkreslení z pohybu a dalších vlivů. Vzhledem k náročné proveditelnosti, bylo toto měření provedeno pouze jednou, ale bylo při něm uskutečněno více přistání.

Z dotazníku dlouhodobého působení stresu (PSQ) byla získána hodnota 62, čemuž odpovídá index 0,355, tedy mírná úroveň stresu. Při vyhodnocení dotazníku krátkodobého stresu (PSS) byla získána hodnota 4, což odpovídá nízké úrovni stresu. Lze tedy usoudit, že se úroveň životního stresu během poslední doby snížila.

3.6.1. Informace o posádce

Pilot, na kterém byla upevněna měřicí zařízení, měl v době měření celkový nálet 650 hodin, z toho 40 hodin na typu. Celkově provedl přibližně 1500 přistání, z toho 50 na typu, přičemž poslední let s daným letadlem byl proveden dříve ten den. V předletovém dotazníku uvedl, že na něj přítomnost instruktora na palubě nemá vliv.

Tabulka 3.6.1.1: Informace o pilotovi č. 3

Informace o pilotovi	
Věk	40
Nálet	650 h
Nálet na typu	40 h
Počet přistání	1500
Přistání na typu	50
Získané kvalifikace	FI(A), CPL(A), MEP land/IR/PBN
Poslední let	11.04.2021

Instruktor, který dohlížel na let, přistání a rozpoložení studenta v různých fázích letu byl zkušený letec s vysokým náletem a dobrými znalostmi použitého letounu. Jednalo se však o jiného instruktora, než u předchozích dvou pilotů.

Tabulka 3.6.1.2: Informace o instruktorovi

Informace o instruktorovi	
Nálet	3700 h
Nálet v pozici instruktora	3200 h
Získané kvalifikace	FI, FI+, CPL, MEP/IR

3.6.2. Letadlo

Toto měření bylo prováděno na letounu Piper Seneca III (OK-MMG). Jedná se o šestimístný, dvoumotorový letoun, který je certifikovaný pro provoz IFR.



Obrázek 3.6.2.1: Letoun Piper Seneca III OK-MMG. [55]

3.6.3. Letiště

Pro měření byla využita letiště Mladá Boleslav (ICAO: LKMB) a letiště Mnichovo Hradiště (ICAO: LKMH).

Letiště Mladá Boleslav je VFR veřejné vnitrostátní letiště s dvěma travnatými drahami 05/23 o délce 775 m a šířce 100 m a 16/34 o délce 900 m a šířce 100 m. [53] Během měření probíhal na letišti kluzákový a parašutistický provoz a na okruhu byla jiná letadla. Na letišti byla poskytována služba RADIO. Jedná se o letiště na kterém sídlí letecká škola Czech Aviation FC, u které subjekt provádí výcvik a je tedy s letištěm obeznámen.

Letiště Mnichovo Hradiště je VFR veřejné mezinárodní letiště s jednou betonovou dráhou 07/25 o délce 1970 m a šířce 30 m a travnatou dráhou 08/26 o délce

1000 m a šířce 30 m. [53] Během měření proběhl odlet jednomotorového letounu. Na letišti byla poskytována služba RADIO.

3.6.4. Meteorologické podmínky

Vzhledem k absenci zpráv METAR byly meteorologické podmínky zaznamenány pomocí aplikací Meteor – Aladin, která je dostupná bezplatně od Českého Hydrometeorologického Ústavu. Na trati letu se nevyskytovala nízká oblačnost, ani srážky. Aplikace udávala rychlost větru 7.6 kts v nárazech 18 kts. Při přistání na obou letištích byly hlášeny hodnoty 5 kts. QNH bylo hlášeno 1014 hPa.

3.6.5. Průběh letu

Let začal vzletem z dráhy 16 v 14:37 místního času (červená značka) a pokračoval levou zatáčkou mimo ATZ LKMB. Východně ATZ byly provedeny zatáčky, nácvik zábrany pádu, nácvik pádu a nácvik vysazení motoru po vzletu. Let dále pokračoval do ATZ LKMH, kde probíhala přistání na dráhu 07, okruhy levé.

První přistání (žlutá značka) bylo uskutečněno za použití maximální výchylky vztlačových klapek. Při druhém (zelená značka) byly klapky nastaveny na 25°, při třetím přistání (fialová značka) na 15°, čtvrté přistání (modrá značka) proběhlo bez použití vztlačových klapek a při pátém, posledním na LKMH, přistání (růžová značka) byla opět využita maximální výchylka. Při všech přistáních působil vítr o hlášené rychlosti 5 kts ze směru 160°, nebo 170°, tedy skoro kolmo z boku.

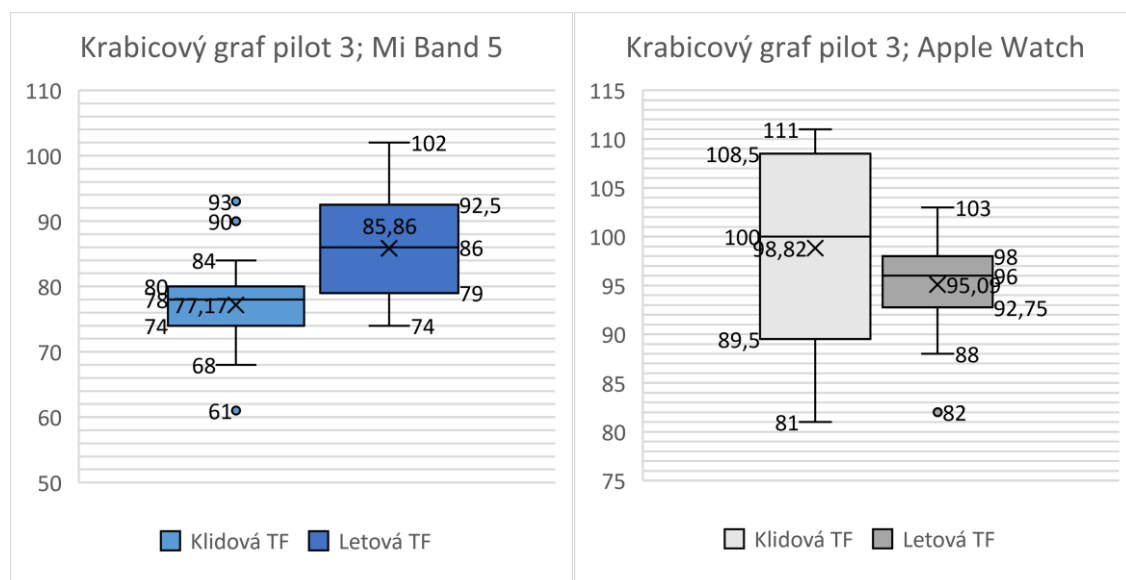
Po sekvenci přistání pokračoval let opět do prostoru jihovýchodně, kde proběhl nácvik nouzového otevírání podvozku a nácvik selhání jednoho motoru. Následně se piloti vrátili do ATZ LKMB, kde provedli poslední přistání (šedá značka) na dráhu 05 se simulovaným vysazeným motorem. I zde působil vítr z boku o rychlosti 6 kts.

3.6.6. Naměřené hodnoty

Daná zařízení byla umístěna na zvolenou ruku podle pokynů výrobce. Záznam tepové frekvence byl spuštěn v 13:47, aby byl dostatek času před letem pro ustálení hodnot. Hodnoty byly po vyplnění dotazníků porovnány s hodnotou udávanou pulzním

oxymetrem. Hodnota pulzního oxymetru v tomto případě byla 94 (± 2) bpm, hodnota Apple Watch SE byla 91 bpm a Mi Band udával 94 bpm. Hodnoty byly velmi blízko kalibračnímu přístroji a pokračovali jsme tedy v měření. Odchyly jsou zobrazeny oboustranně v grafu daného zařízení.

Nejčastější hodnoty v klidu a za letu jsou v krabicových grafech níže. Minimální hodnota je omezena 1,5 IQR spodního kvartilu a maximální hodnota je omezena 1,5x IQR. Hodnoty nad/pod nejsou zahrnovány do výpočtu zobrazovaných ukazatelů, ale je vhodné vědět, že se v souboru dat takové hodnoty nacházejí.

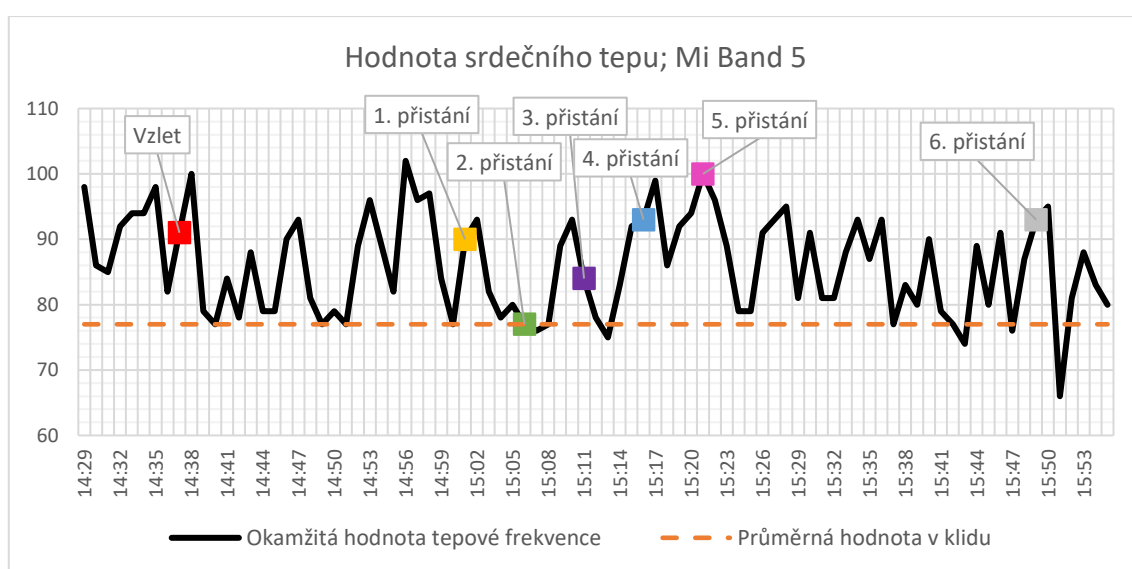


Graf 3.6.6.1: Krabicový graf pilot č. 3; Mi Band 5 Graf 3.6.6.2: Krabicový graf pilot č. 3; Apple Watch

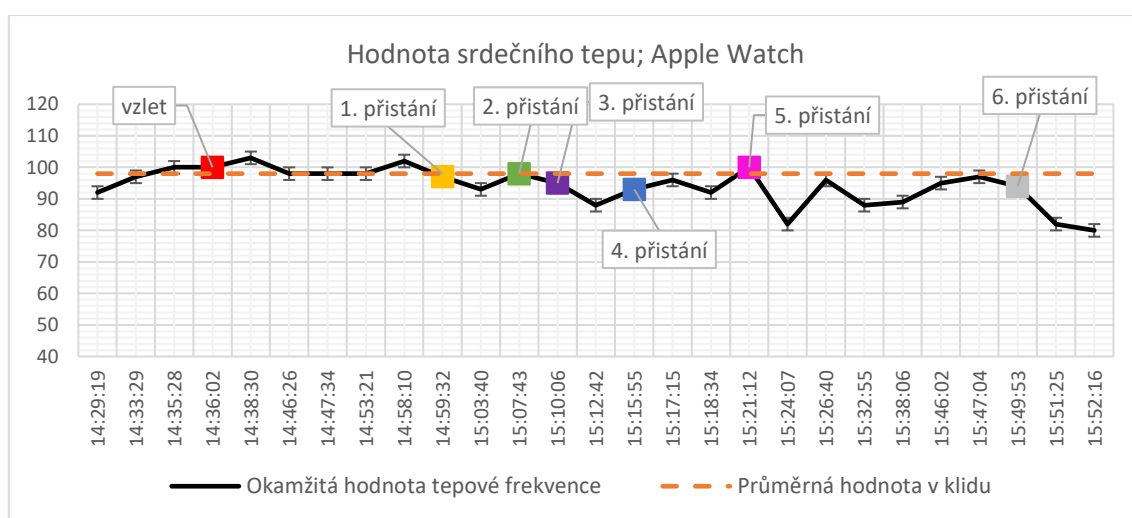
Tabulka 3.6.6.1: Hodnoty TF v klidu a za letu pilot č. 3

Mi Band 5	Nejvyšší hodnota	75% kvantil	Medián	Průměr	25% kvantil	Nejnižší hodnota
Klidová TF	84	80	78	77,17	74	68
Letová TF	102	92,5	86	85,86	79	74
Apple Watch	Nejvyšší hodnota	75% kvantil	Medián	Průměr	25% kvantil	Nejnižší hodnota
Klidová TF	111	108,5	100	98,82	89,5	81
Letová TF	103	98	96	95,09	92,75	88

Na grafu níže jsou vidět hodnoty tepu naměřené jednotlivými přístroji. Během letu se u zařízení Apple Watch samovolně vypnulo cvičení. To navíc měří tep v intervalech určených samotným zařízením. Pro dané měření to mělo za následek, že se značně snížila frekvence měření a interval mezi jednotlivými měřeními byl nepravidelný. Došlo tím k odchýlení od stanovené metodiky a toto měření nebude v celkovém hodnocení uvažováno, neboť kvůli tomu jsou data z tohoto přístroje málo použitelná. Nejvyšší hodnota udávána Apple Watch za letu byla 103 a nejnižší 82, průměrná hodnota byla zaokrouhleně 95. Pro Mi Band byla nejvyšší hodnota 102, nejnižší 74 a průměrná hodnota zaokrouhleně 86.



Graf 3.6.6.3: Hodnota TF pilot č. 3; Mi Band 5

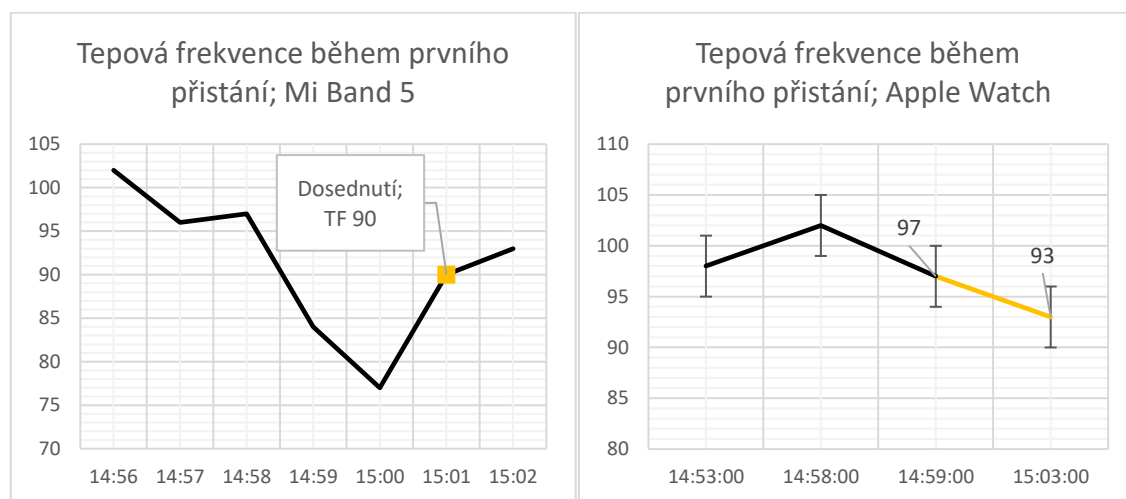


Graf 3.6.6.4: Hodnota TF pilot č. 3; Apple Watch

Z grafů je patrné, že bylo získáno více dat z Mi Band. Hodnoty Apple Watch jsou průměrně vyšší a mají nižší rozsah.

V dotazníku vyplněném po letu uvedl pilot, že se ve všech fázích letu cítil být spíše klidný, přičemž při fázích vzletů a letu v prostoru pocíťoval nejnižší možnou úroveň 1/10. Při fázích přiblížování na přistání se úroveň zvýšila na 2/10 a při přistáních byl stres nejvyšší s hodnotou 3/10. Instrukturovi, který hodnotil přistání, připadal student nejméně klidný, 2/10, při letu v prostoru. V ostatních fázích letu vnímal studenta jako naprosto klidného, 1/10.

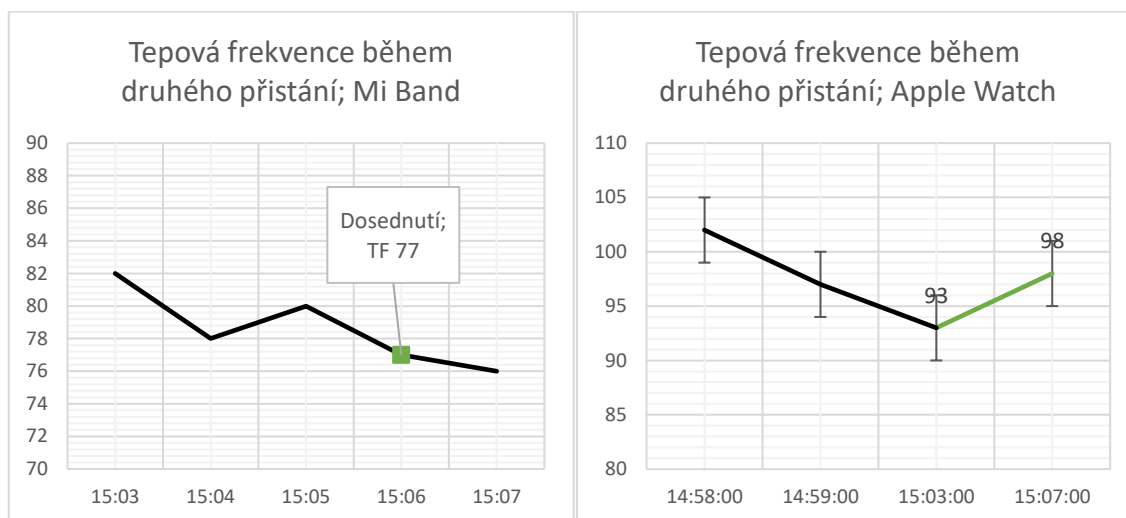
Studentem byly vnímány jako stresory, stejně jako při všech zbylých přistáních, přítomnost instruktora na 2/10 a let po delší přestávce 3/10. Zajímavé je, že při většině přistání byl málo vylučován boční vítr, ale student uvedl, že boční vítr nevnímal jako stresor. První přistání hodnotil jako druhé nejstresovější. Jako hlavní důvod uvedl, že se jednalo o první přistání. Kvalita přistání byla subjektivně hodnocena 8/10, přičemž 10 by bylo perfektní. Instruktore dal hodnocení 9/10. Hodnota naměřena Mi Band byla v okamžiku dosednutí 90 bpm. Apple Watch nenaměřily hodnotu v okamžiku dosednutí, proto byl uvažován průměr hodnot před a po přistání 95 bpm.



Graf 3.6.6.5: Hodnota TF přistání 1; Mi Band 5 **Graf 3.6.6.6: Hodnota TF přistání 1; Apple Watch**

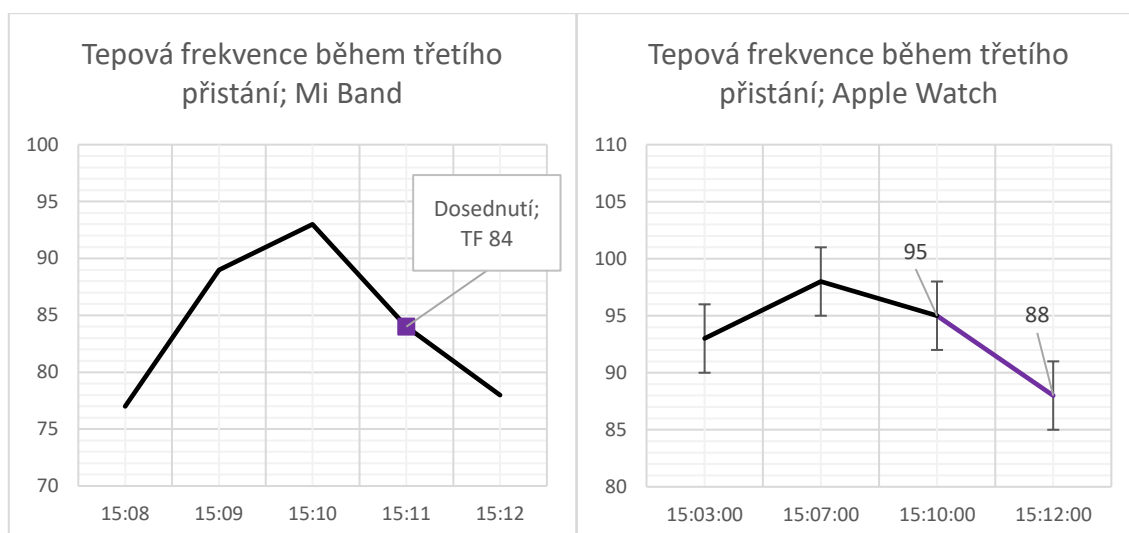
Druhé přistání bylo subjektivně označeno za druhé nejméně stresující. Kvalitu přistání hodnotil student 8/10. Instruktore hodnotil 9/10. Hodnota naměřena Mi Band byla 77 bpm. Apple Watch opět neměřily v okamžiku dosednutí. Zvolena byla hodnota 97

bpm, která je vyšší než průměr před a po přistání, neboť měření po přistání je blíže času přistání. Při tomto přistání byl rozdíl naměřených hodnot nejvyšší.



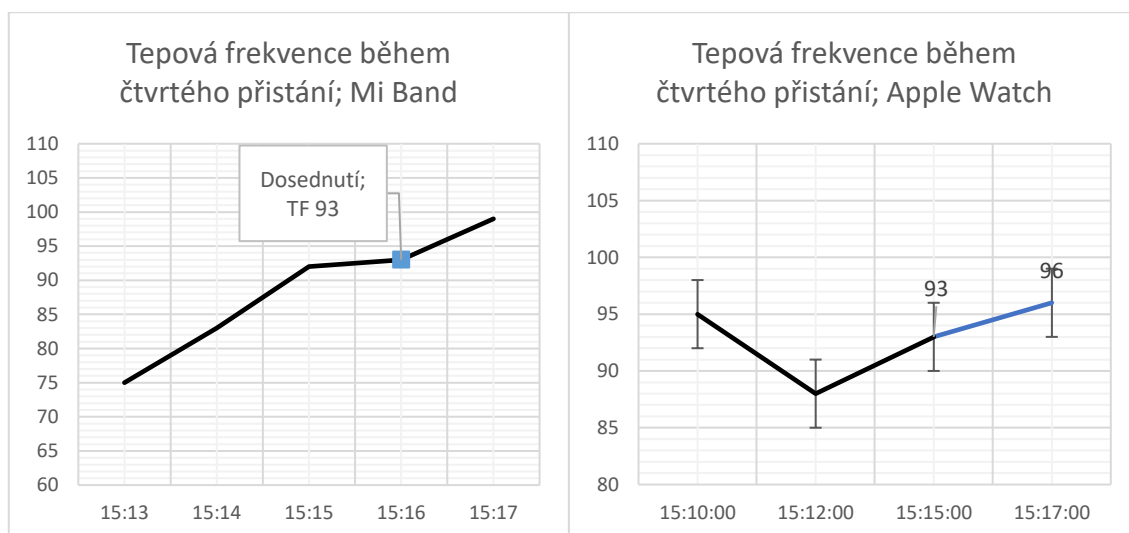
Graf 3.6.6.7: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5 **Graf 3.6.6.8: Hodnota TF přistání 2; Apple Watch**

Při třetím přistání došlo k nepřesnému provedení úkonů před přistáním a opomenutí přestavení vrtule „dopředu“. V důsledku toho sice došlo ke zvýšené pracovní zátěži při následném vzletu, ale na samotné přistání to nemělo vliv. Přistání posoudil student jako nejméně stresující, ale následný vzlet jako nejvíce stresující. Ze samotného přistání měl student celkově stejný pocit a kvalitu hodnotil 8/10. Instruktor toto přistání hodnotil 8/10. Mi Band naměřil při přistání 84 bpm. Pro Apple Watch byla zvolena nižší průměrná hodnota 91 bpm.



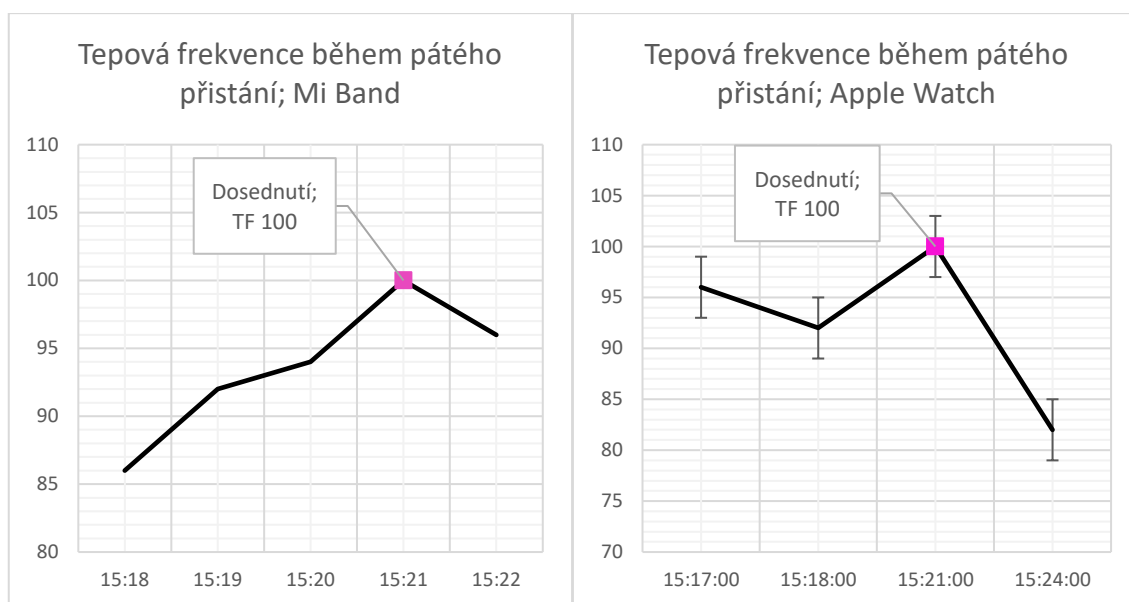
Graf 3.6.6.9: Hodnota TF přistání 3; Mi Band 5 **Graf 3.6.6.10: Hodnota TF přistání 3; Apple Watch**

Čtvrté přistání hodnotil student z pohledu stresu jako 4. nejvíce stresující. Při čtvrtém přistání se hodnocení kvality přistání dané studentem i instruktorem zvýšilo na 9/10. Od tohoto přistání dále se naměřené hodnoty začaly, za uvážení přesnosti měření, shodovat. Konkrétně Mi Band naměřil 93 bpm a hodnota Apple Watch byla zvolena nižší průměrná, tj. 94 bpm.



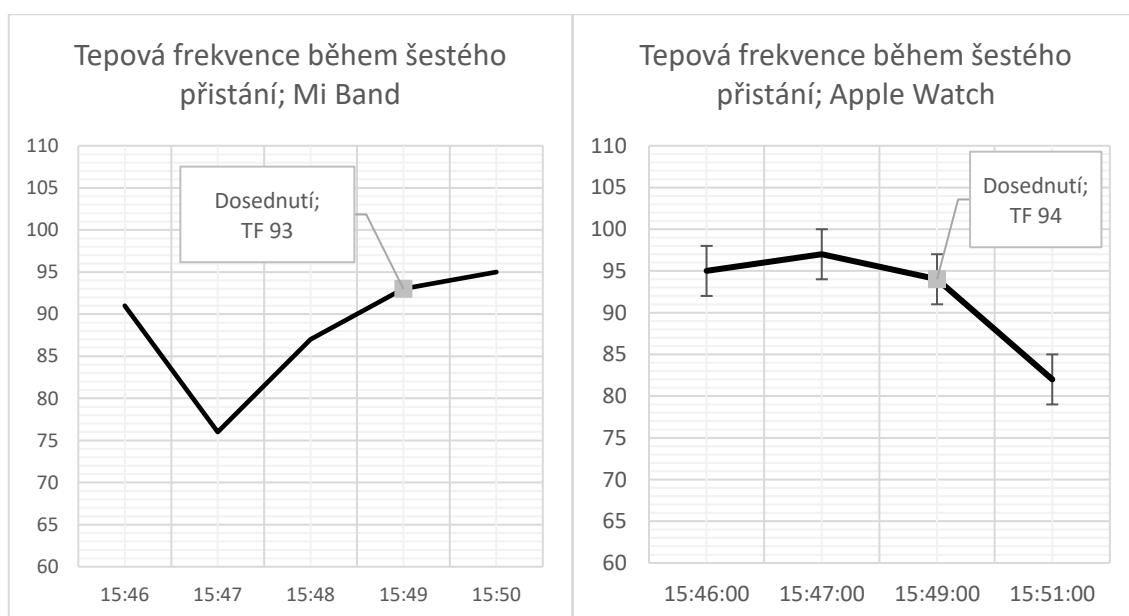
Graf 3.6.6.11: Hodnota TF přistání 4; Mi Band 5 **Graf 3.6.6.12: Hodnota TF přistání 4; Apple Watch**

Páté přistání posoudil student jako 3. nejstresovější. Při pátém přistání byl úspěšně eliminován efekt bočního větru a měřený jedinec i instruktor posoudili přistání jako perfektní, 10/10. Hodnota 100 bpm, která byla naměřena Mi Band se shodovala s hodnotou Apple Watch, které provedly měření v okamžiku dosednutí.



Graf 3.6.6.13: Hodnota TF přistání 5; Mi Band 5 **Graf 3.6.6.14: Hodnota TF přistání 5; Apple Watch**

Poslední přistání celého letu bylo provedeno na letišti Mladá Boleslav. Jednalo se o přistání se simulovanou vysazenou pohonnou jednotkou. To je také hlavní důvod, proč jej student označil za nejvíce stresující. Samotné provedení však bylo hodnoceno oběma piloty jako perfektní, 10/10. I v tomto případě byly hodnoty Mi Band, 93 bpm, při uvážení přesnosti měření, shodné s hodnotou Apple Watch, 94 bpm.



Graf 3.6.6.15: Hodnota TF přistání 6; Mi Band 5 **Graf 3.6.6.16: Hodnota TF přistání 6; Apple Watch**

Celkové podmínky letu byly instruktorem hodnoceny jako málo stresující a student uvedl, že během jednotlivých přistání nepocíťoval výrazné rozdíly ve stresu působícím na něj. Student také uvedl, že byl se svým výkonem při letu spokojený 9/10.

Celkově lze říct, že kromě druhého přistání jsou hodnoty obou zařízení velmi podobné. Vzhledem k tomu, že se hodnocení přistání dramaticky neměnilo a subjektivní posouzení stresu při druhém přistání se také neměnilo, dá se předpokládat, že hodnota naměřena Mi Band není zcela přesná.

3.6.7. Vyhodnocení dat

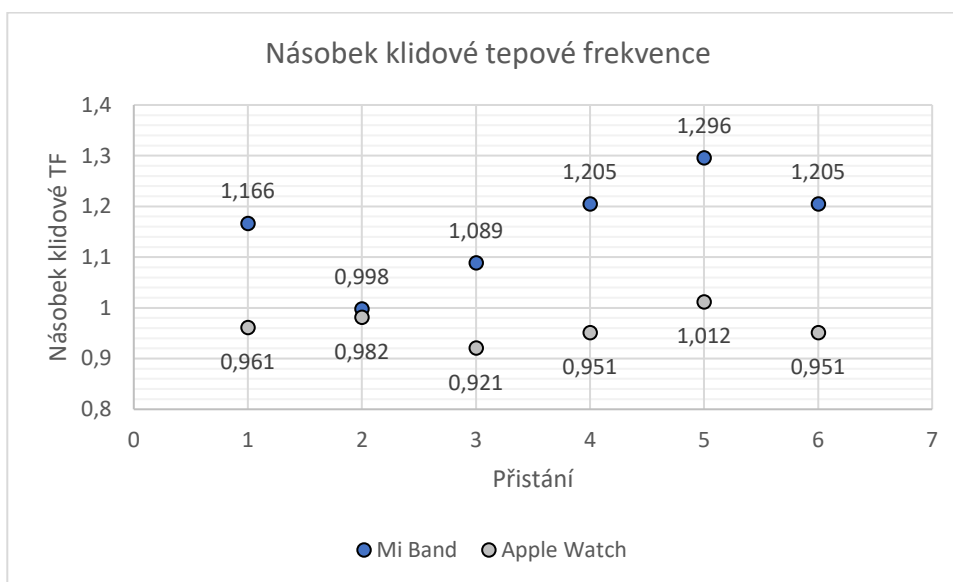
Tento let byl odlišný z několika důvodů. Jednalo se o let na dvoumotorovém letounu, který vyžadoval větší fyzickou aktivitu, spojenou jak s potřebnými úkony za letu, tak prováděnými úlohami, jako zábrany pádu. Také se při měření vypnulo cvičení u Apple Watch, což vedlo k značnému snížení snímkovací frekvence. A v neposlední řadě jej hodnotil jiný instruktor.

Již při vyhodnocení krabicových grafů je patrné, že ukončení cvičení mělo na hodnoty získané z Apple Watch výrazný vliv a při rozboru budou uvažovány spíše doplňkově. Pro tyto případy bylo použito měření na větším počtu zařízení. Při rozboru grafu Mi Band a po rozhovoru se studentem je patrné, že před letem nebyl příliš nervózní, díky čemuž měl normální tepovou frekvenci. Také lze pozorovat zvýšení stresu za letu, což bylo očekávané.

Pro porovnání jednotlivých přistání mezi sebou byl proveden převod tepové frekvence na koeficient klidové tepové frekvence, naměřené na daném zařízení. Při vyhodnocení dat byl kladen důraz na oblasti s vyšší tepovou frekvencí. Předpoklad byl, že nejvyšší zvýšení bude v okolí vzletů a přistání. To se však nepotvrdilo z naměřených hodnot, kde se vyskytují vyšší hodnoty jak před prvním, tak po pátém přistání. Jednalo se o fázi letu v prostoru, při čemž byly nacvičovány zatáčky, vysazení po vzletu, nebo nevysunutí podvozku. Nejenže tyto situace byly studentem vnímané jako stresující, ale také vyžadovaly fyzickou aktivitu z jeho strany a došlo i ke zvýšení komunikace mezi ním a instruktorem. Spojením těchto faktorů může být vysvětleno zvýšení naměřených hodnot. Bohužel však nelze přesně stanovit, kdy došlo k nácvičku

jakého manévru. Zde by pomohlo přínosné monitorování letu, prováděných úkonů a pilota samotného, například pomocí videozáznamu.

V grafu níže jsou naměřené hodnoty převedeny na koeficient průměrné TF v klidu. Lze tak lépe porovnat studentovo subjektivní hodnocení přistání s naměřenými hodnotami. Hodnoty naměřené použitými přístroji nesouhlasí se subjektivním hodnocením studenta. To je nejspíše dáno velmi malým rozdílem vnímaného stresu mezi jednotlivými přistáními, vyšší fyzickou námahou a vysokou mírou komunikace mezi studentem a instruktorem, což ovlivnilo TF studenta. Zajímavé však je, že i přes potíže s technikou korespondují koeficient klidové tepové frekvence při přistáních mezi zařízeními. Výrazněji se vymyká pouze 2. přistání, které má jako jediné u Mi Band nižší koeficient než 1. Vzhledem k nedostatku dat z druhého zařízení však nelze určit důvod.



Graf 3.6.7.1: koeficient klidové TF při přistání pilot č. 3

Závěr

Tato práce měla za cíl přiblížit metody měření úrovně stresu objektivními metodami a navrzení metodiky měření stresu komerčně dostupnými elektronickými zařízeními. Rešeršní část této práce je rozdělena na dvě části. První část se věnuje problematice stresu a slouží pro přiblížení vybraných témat včetně způsobů vzniku, jeho vlivů na pilota a způsobů jeho objektivního měření. Druhá část se zaměřuje na nositelnou elektroniku. Soustředí se na její možnosti, způsoby fungování a výběr zařízení využitých v experimentu. Rešeršní část sloužila jako podklad pro vytvoření metodiky měření a nejedná se o ucelený popis dané problematiky.

Získané poznatky byly využity pro návrh metodiky měření a provedení experimentu, který sloužil k ověření této metodiky. Experiment byl limitován nedostatkem zdrojů a koronavirovou situací, která snížila počet létajících jedinců. Experiment tedy byl koncipován jako proof of concept.

Z provedených měření lze získat několik poznatků k vytvořené metodice. Všechny body, které byly naměřeny v souladu s navrženou metodikou, se chovají podle předpokladu. U měření, která nebyla doprovázena technickými potížemi, tedy měření prvního a druhého pilota, se subjektivní hodnocení stresu ze strany pilota velice blížila naměřeným hodnotám. Hodnoty třetího měření nebyly získány podle vytvořené metodiky, tudíž nejsou uvažovány při jejím posouzení. Nelze ani určit, zda se chovají podle stanovených předpokladů.

Z vyhodnocení dat spojených s rozhovory s piloty po letu lze stanovit, že nárůst tepu nastává v podobných okamžicích, kdy se zvýšil vnímaný stres u pilota. Nedílnou součástí této metodiky jsou však i poletové dotazníky a rozhovory s měřenými jedinci, neboť pouze z nich jsme byli schopni určit příčinu zvýšení stresu. Při měření musí pro získání co nejlepších výsledků být pamatováno na pokyny uživatelské příručky. Nejkritičtější jsou údaje o umístění a utažení, aby senzor správně přiléhal. Je také zřejmé, že zařízení, která mají vyšší vzorkovací frekvenci, umožňují provádět měření, díky kterému je možné přesněji stanovit okamžik, ve kterém došlo ke zvýšení stresu.

Bylo by vhodné provést další výzkum s větším počtem zkoumaných jedinců a delší dobou zkoumání. Zároveň si myslím, že je vhodné pokračovat ve zkoumání vhodnosti různých zařízení. Tento výzkum může být přínosný pro výcvik pilotů, zejména těch začínajících. Schopnost stanovit fázi letu, nebo druh přistání, při kterém dochází ke zvýšení stresu, může být nápomocné při adaptaci výcvikového programu na daného jedince.

Seznam použité literatury

- [1] OSTER, JR., Clinton, John STRONG a Kurt ZORN. *Why Airplanes Crash: Causes of Accidents Worldwide* [Dokument]. Indiana, 2010 [cit. 2021].
- [2] MELTON, C. a Marlene WICKS. IN-FLIGHT PHYSIOLOGICAL MONITORING OF STUDENT PILOTS. In: *Federal Aviation Administration: Research* [online]. Washington, DC [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/1960s/media/am67-15.pdf
- [3] STOKES, Alan a Kirsten KITE. *Flight Stress: Stress, Fatigue and Performance in Aviation*. 1. Londýn: Routledge, 1997. ISBN 9780291398574.
- [4] SELYE, H. Stress and the General Adaptation Syndrome. *BMJ* [online]. 1950, 1(4667), 1383-1392 [cit. 2021-05-16]. ISSN 0959-8138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.1.4667.1383
- [5] *Human Performance*. 1. Neu-Isenburg: Jeppesen GmbH, 2016. ISBN 978-0-88487-604-5.
- [6] Skybrary: Observation on Student/Trainee's Under Stress Reaction. In: *Skybrary* [online]. Brusel: SKYbrary, 2020 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: https://www.skybrary.aero/index.php/Observation_on_Student/Trainee%E2%80%99s_Under_Stress_Reaction#Stressors
- [7] KELLER, Ladislav. *Učebnice pilota 2013: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. Cheb: Svět křídel, 2013. ISBN 978-80-87567-26-5.
- [8] MCEWEN, Bruce a Robert SAPOLSKY. Stress and Your Health. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. 2006, 91(2), 0-0 [cit. 2021-05-18]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: doi:10.1210/jcem.91.2.9994
- [9] HARGROVE, M., James QUICK, Debra NELSON a Jonathan QUICK. The theory of preventive stress management: a 33-year review and evaluation. *Stress and Health* [online]. 2011, 27(3), 182-193 [cit. 2021-05-18]. ISSN 15323005. Dostupné z: doi:10.1002/smi.1417
- [10] LEBLANC, Vicki R. The Effects of Acute Stress on Performance: Implications for Health Professions Education. *Academic Medicine* [online]. 2009, 84(), 25-33 [cit. 2021-05-16]. ISSN 1040-2446. Dostupné z: doi:10.1097/ACM.0b013e3181b37b8f

- [11] DUNCKO, R., B. CORNWELL, L. CUI, K. MERIKANGAS a C. GRILLON. Acute exposure to stress improves performance in trace eyeblink conditioning and spatial learning tasks in healthy men. *Learning & Memory* [online]. 2007, **14**(5), 329-335 [cit. 2021-05-16]. ISSN 1072-0502. Dostupné z: doi:10.1101/lm.483807
- [12] WETZEL, Cordula, Roger KNEEBONE, Maria WOLOSHYNOWYCH, Debra NESTEL, Krishna MOORTHY, Jane KIDD a Ara DARZI. The effects of stress on surgical performance. *The American Journal of Surgery* [online]. 2006, **191**(1), 5-10 [cit. 2021-05-16]. ISSN 00029610. Dostupné z: doi:10.1016/j.amjsurg.2005.08.034
- [13] FAIZAN, Riffat a Adnan HAQUE. Working Efficiency of Contrasting Genders under Eustress, Distress, Hyper-Stress, and Hypo-Stress. *Prabandhan: Indian Journal of Management* [online]. 2019, **12**(11), 32-46 [cit. 2021-05-18]. ISSN 0975-2854. Dostupné z: doi:10.17010/pijom/2019/v12i11/148411
- [14] YOUNG, James A. *The Effects of Life-Stress on Pilot Performance* [online]. California, 2008 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: https://hsi.arc.nasa.gov/flightcognition/hottopic/download/Young_TM2008_215375_final.pdf. Ames Research Center.
- [15] BOR, Robert, Gaby FIELD a Peter SCRAGG. The mental health of pilots: An overview. *Counselling Psychology Quarterly* [online]. 2010, **15**(3), 239-256 [cit. 2021-05-16]. ISSN 0951-5070. Dostupné z: doi:10.1080/09515070210143471
- [16] KILIC, Bilal a Caglar UCLER. Stress among ab-initio pilots: A model of contributing factors by AHP. *Journal of Air Transport Management* [online]. 2019, **80** [cit. 2021-05-16]. ISSN 09696997. Dostupné z: doi:10.1016/j.jairtraman.2019.101706
- [17] KLOUDOVÁ, Gabriela. *Využití psychofyziologických metod při objektivizaci mentální zátěže pilotů*. Praha, 2016. Rigorózní práce. Univerzita Karlova, Filozofická fakulta, Katedra psychologie.
- [18] PAUL, M., R.K. LECH, J. SCHEIL, A.M. DIEROLF, B. SUCHAN a O.T. WOLF. Acute stress influences the discrimination of complex scenes and complex faces in young healthy men. *Psychoneuroendocrinology* [online]. 2016, **66**, 125-129 [cit. 2021-05-20]. ISSN 03064530. Dostupné z: doi:10.1016/j.psyneuen.2016.01.007
- [19] ŠULC, Jiří, Ludvík KULČÁK, ed. *Lidská výkonnost (040 00): [učebnice pro teoretickou přípravu pilotů ATPL, CPL a IR]*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 978-80-7204-688-1.

- [20] MARTINS, Ana P. G. A REVIEW OF IMPORTANT COGNITIVE CONCEPTS IN AVIATION. *Aviation* [online]. 2016, **20**(2), 65-84 [cit. 2021-05-21]. ISSN 1648-7788. Dostupné z: doi:10.3846/16487788.2016.1196559
- [21] APOORVAGIRI, D. a S. NAGANANDA. Mental Stress and its Implications on Reaction time. *International Journal of Computer Trends and Technology* [online]. 2013, **4**(5), 1426-1430 [cit. 2021-05-20]. ISSN 2231-2803. Dostupné z: <http://ijcttjournal.org/archives/ijctt-v4i5p87>
- [22] LEVENSTEIN, S., C. PRANTERA, V. VARVO, M.L. SCRIBANO, E. BERTO, C. LUZI a A. ANDREOLI. Development of the perceived stress questionnaire: A new tool for psychosomatic research. *Journal of Psychosomatic Research* [online]. 1993, **37**(1), 19-32 [cit. 2021-05-18]. ISSN 00223999. Dostupné z: doi:10.1016/0022-3999(93)90120-5
- [23] Perceived Stress Scale (PSS). *Measurement Instrument Database for the Social Sciences (MIDSS)* [online]. Galway: National University of Ireland, 2021 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.midss.org/content/perceived-stress-scale-pss>
- [24] LAENG, Bruno, Sylvain SIROIS a Gustaf GREDEBÄCK. Pupillometry. *Perspectives on Psychological Science* [online]. 2012, **7**(1), 18-27 [cit. 2021-05-19]. ISSN 1745-6916. Dostupné z: doi:10.1177/1745691611427305
- [25] REINHARDT, Tatyana, Christian SCHMAHL, Stefan WÜST a Martin BOHUS. Salivary cortisol, heart rate, electrodermal activity and subjective stress responses to the Mannheim Multicomponent Stress Test (MMST). *Psychiatry Research* [online]. 2012, **198**(1), 106-111 [cit. 2021-05-19]. ISSN 01651781. Dostupné z: doi:10.1016/j.psychres.2011.12.009
- [26] SIONI, Riccardo a Luca CHITTARO. Stress Detection Using Physiological Sensors. *Computer* [online]. 2015, **48**(10), 26-33 [cit. 2021-05-20]. ISSN 0018-9162. Dostupné z: doi:10.1109/MC.2015.316
- [27] ARZA, Adriana, Jorge GARZÓN-REY, Jesús LÁZARO et al. Measuring acute stress response through physiological signals: towards a quantitative assessment of stress. *Medical & Biological Engineering & Computing* [online]. 2019, **57**(1), 271-287 [cit. 2021-05-16]. ISSN 0140-0118. Dostupné z: doi:10.1007/s11517-018-1879-z
- [28] Stress effects on the body. *American Psychological Association* [online]. 2018 [cit. 2021-01-14]. Dostupné z: <https://www.apa.org/topics/stress/body>
- [29] KIM, Hye-Geum, Eun-Jin CHEON, Dai-Seg BAI, Young LEE a Bon-Hoon KOO. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature.

- Psychiatry Investigation* [online]. 2018, **15**(3), 235-245 [cit. 2021-05-18]. ISSN 1738-3684. Dostupné z: doi:10.30773/pi.2017.08.17
- [30] LASKOWSKI, Edward R. What's a normal resting heart rate?. *Mayo Clinic* [online]. Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER), c1998-2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/fitness/expert-answers/heart-rate/faq-20057979>
- [31] High Blood Pressure Symptoms and Causes. *Centers for Disease Control and Prevention* [online]. Centers for Disease Control and Prevention, 2021 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/bloodpressure/about.htm>
- [32] CHERIYEDATH, Susha. Photoplethysmography (PPG). *News Medical* [online]. 2019 [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: [https://www.news-medical.net/health/Photoplethysmography-\(PPG\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Photoplethysmography-(PPG).aspx)
- [33] SPENDER, A., C. BULLEN, L. ALTMANN-RICHER et al. Wearables and the internet of things: considerations for the life and health insurance industry. *British Actuarial Journal* [online]. 2019, **24** [cit. 2021-05-20]. ISSN 1357-3217. Dostupné z: doi:10.1017/S1357321719000072
- [34] Sledování tepové frekvence pomocí Apple Watch. *Podpora Apple* [online]. 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/HT204666#sensors>
- [35] KOCHAVY, Ben. Red vs. Green: Does the Light Sensor in Your Wearable. *Biostrap* [online]. Los Angeles: Biostrap, 2017 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://biostrap.com/blog/going-red-or-green/#:~:text=Green%20light%20PPG%20sensors%20are%20used%20in%20the,Unfortunately%2C%20this%20convenience%20comes%20at%20a%20high%20price.>
- [36] BENT, Brinnae, Benjamin GOLDSTEIN, Warren KIBBE a Jessilyn DUNN. Investigating sources of inaccuracy in wearable optical heart rate sensors. *Npj Digital Medicine* [online]. 2020, **3**(1) [cit. 2021-05-20]. ISSN 2398-6352. Dostupné z: doi:10.1038/s41746-020-0226-6
- [37] NELSON, Benjamin a Nicholas ALLEN. Accuracy of Consumer Wearable Heart Rate Measurement During an Ecologically Valid 24-Hour Period: Intraindividual Validation Study. *JMIR mHealth and uHealth* [online]. 2019, **7**(3) [cit. 2021-05-20]. ISSN 2291-5222. Dostupné z: doi:10.2196/10828
- [38] Taking an ECG with the ECG app on Apple Watch Series 4, Series 5, or Series 6. *Apple Support* [online]. Apple, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://support.apple.com/en-us/HT208955>
- [39] Hypoxemia: Definition. *Mayo Clinic* [online]. Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER), c1998-2021 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z:

<https://www.mayoclinic.org/symptoms/hypoxemia/basics/definition/sym-20050930>

- [40] SHAH, Amol. Basic Working of Pulse Oximeter Sensor. *Best Online Shop for Electronic Components in India* [online]. DNA TECHNOLOGY, INDIA, 2015 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.dnatechindia.com/basic-working-pulse-oximeter-sensor.html#:~:text=Principle%20of%20Pulse%20oximeter%20The%20principle%20of%20pulse,and%20allows%20more%20red%20light%20to%20pass%20throug>
- [41] Pulse Oximeter Accuracy and Limitations: FDA Safety Communication. *U.S. Food and Drug Administration* [online]. U.S. Food and Drug Administration, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/pulse-oximeter-accuracy-and-limitations-fda-safety-communication>
- [42] SMITH, Niel. Stressed out? Try one of these wearables for stress detection and management. *MyHealthyApple* [online]. MyHealthyApple, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.myhealthyapple.com/wearables-offering-stress-detection-management/#:~:text=Your%20heart%20rate%20variability%20%28HRV%29%20is%20a%20critical,data%20to%20determine%20the%20interval%20between%20each%20heartbeat>
- [43] KILIÁN, Karel. Jak chytré hodinky a náramky měří stres a co z této hodnoty poznáte?. *Xiaomi blog* [online]. Xiaomi blog, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://xm.cz/blog/jak-chytre-hodinky-a-naramky-meri-stres-a-co-teto-hodnoty-poznate/>
- [44] SAWH, Michael. Stress wearables: best devices that monitor stress and how they work: How wearables are dealing with stress for the mind and body. *Wareable* [online]. Wareable Ltd., 2020 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.wareable.com/health-and-wellbeing/stress-monitoring-wearables-explained-7969>
- [45] D2™ Bravo. *Garmin* [online]. Garmin, c1996-2021 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/527935>
- [46] What is wearable technology?. *GCFGGlobal* [online]. 2016 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://edu.gcfglobal.org/en/wearables/what-is-wearable-technology/1/>
- [47] VAN WAGENEN, Juliet. Wearable Technology: Tool or Trend?. *Aviation Today* [online]. 2016 [cit. 2020-11-20]. Dostupné z: <http://interactive.aviationtoday.com/wearable-technology-tool-or-trend/>

- [48] Smart glasses in the aviation industry: a fast developing technology. *International Airport Review* [online]. 2018 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.internationalairportreview.com/article/68215/smart-glasses/>
- [49] *Pulse Oximeter User Manual*. Qinhuangdao: Contec, 2014.
- [50] Mi Band 5. *Xiaomi Global Community* [online]. 2020 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://xiaomi-mi.com/mi-band/mi-band-5/>
- [51] Women Pilot Statistics: Female Representation in Aviation. *Pilot Institute* [online]. Pilot Institute, 2020 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://pilotinstitute.com/women-aviation-statistics/>
- [52] MENO, Jason. Simple-Apple-Health-XML-to-CSV. *Github* [online]. San Francisco: Github, <https://github.com/> [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://github.com/jameno/Simple-Apple-Health-XML-to-CSV>
- [53] *VFR příručka* [online]. Jeneč u Prahy: ŘLP ČR, s.p., 2021 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/vfrmanual/index.html>
- [54] Worldwide Wearables Shipments by Top Vendors, by Quarter. *Dazeinfo* [online]. Dazeinfo, 2020 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://dazeinfo.com/2020/01/17/worldwide-wearables-shipments-by-vendors-by-quarter-graphfarm/>
- 55] Pronájem letadel: PIPER SENECA III OK-MMG. *Czech Aviation* [online]. Czech Aviation, 2021 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.leteckyclub.cz/cz/pronajem-letadel/piper-seneca-iii-ok-mmg>

Seznam použitých zkratek

ATZ	Letištní provozní zóna
bpm	Údery za minutu
CTR	Řízený okrsek
EEG	Elektroencefalograf
EKG	Elektrokardiogram
EOG	Electrookulogram
GAS	Obecný adaptační syndrom
h	Hodina
hPa	Hektopascal
IFR	Pravidla pro let podle přístrojů
IQR	Mezikvartilové rozpětí
Kts	Uzel
m	metr
METAR	Pravidelná letecká meteorologická zpráva
mmHg	Milimetry rtuťového sloupce
PPG	Fotopletysmograf
PPL	Průkaz způsobilosti soukromého pilota
PSQ	Dotazník vnímaného stresu
PSS	Stupnice vnímaného stresu
QNH	Tlak přepočítaný na hladinu moře
ŘLP	Řízení Letového Provozu
TF	Tepová Frekvence
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti

Seznam obrázků

Obrázek 1.2.2.1: Grafické znázornění závislosti výkonnosti na stresu s ohledem na čas (Yerkesův-Dodsonův zákon) [20]	19
Obrázek 2.2.2.1: Celosvětové dodávky nositelných zařízení podle množství dodávek podle čtvrtletí. [54]	40
Obrázek 2.3.1.2: Xiaomi Mi Band 5. Foto autor	40
Obrázek 2.3.1.3: Ukázka umístění náramku Xiaomi Mi Band 5 se spuštěným cvičením. Foto autor	41
Obrázek 2.3.2.1: Apple Watch SE. Foto autor	42
Obrázek 2.3.2.2: Ukázka umístění hodinek Apple Watch Se se spuštěným cvičením. Foto autor	42
Obrázek 3.4.2.1: Letoun C-152 OK-MAJ. Foto Lukáš Ožana	51
Obrázek 3.5.1.1: Letoun C-152 OK-MAJ. Foto Lukáš Ožana	63
Obrázek 3.6.2.1: Letoun Piper Seneca III OK-MMG. [55]	73

Seznam tabulek

Tabulka 1.6.2.1: Fyziologické metody měření stresu	33
Tabulka 3.1.1.1: Vliv stresorů při přistání	46
Tabulka 3.4.1.1: Informace o pilotovi č. 1	50
Tabulka 3.4.1.2: Informace o instruktorovi	51
Tabulka 3.4.6.1: Hodnoty TF v klidu a za letu pilot č. 1	53
Tabulka 3.5.1.1: Informace o pilotovi č. 2	62
Tabulka 3.5.1.2: Informace o Instruktorovi	62
Tabulka 3.5.5.1: Hodnoty TF v klidu a za letu pilot č. 2	65
Tabulka 3.6.1.1: Informace o pilotovi č. 3	72
Tabulka 3.6.1.2: Informace o instruktorovi	73
Tabulka 3.6.6.1: Hodnoty TF v klidu a za letu pilot č. 3	75

Seznam grafů

Graf 3.1.1.1: Věk respondentů.....	44
Graf 3.1.1.2: Pohlaví reposndentů	44
Graf 3.1.1.3: Počet přistání	45
Graf 3.1.1.4: Hodinový nálet	45
Graf 3.1.1.5: Stres při přistání.....	45
Graf 3.1.1.6: Vnímání životních stresorů	46
Graf 3.1.1.7: Pocity z instruktora na palubě	46
Graf 3.4.6.1: Krabicový graf pilot č.1; Mi Band 5	53
Graf 3.4.6.2: Krabicový graf pilot č.1; Apple Watch	53
Graf 3.4.6.3: Hodnota TF pilot č. 1; Mi Band 5	54
Graf 3.4.6.4: Hodnota TF pilot č. 1; Apple Watch	54
Graf 3.4.6.5: Hodnota TF přistání 1; Mi Band 5	55
Graf 3.4.6.6: Hodnota TF přistání 1; Apple Watch	55
Graf 3.4.6.7.: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5	56
Graf 3.4.6.8: Hodnota TF přistání 2; Apple Watch	56
Graf 3.4.6.9: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5	57
Graf 3.4.6.10: Hodnota TF přistání 3; Apple Watch	57
Graf 3.4.6.11: Hodnota TF přistání 4; Mi Band 5	58
Graf 3.4.6.12: Hodnota TF přistání 4; Apple Watch	58
Graf 3.4.6.13: Hodnota TF přistání 5; Mi Band 5	58
Graf 3.4.6.14: Hodnota TF přistání 5; Apple Watch	58
Graf 3.4.6.15: Hodnota TF přistání 6; Mi Band 5	59
Graf 3.4.6.16: Hodnota TF přistání 6; Apple Watch	59
Graf 3.4.7.1: Koeficient klidové TF při přistání pilot č. 1	61
Graf 3.5.5.1: Krabicový graf pilot č. 2; Mi Band 5	65
Graf 3.5.5.2: Krabicový graf pilot č. 2; Apple Watch	65
Graf 3.5.5.3: Hodnota TF pilot č. 2; Mi Band 5	66
Graf 3.5.5.4: Hodnota TF pilot č. 2; Apple Watch	66
Graf 3.5.5.6: Hodnota TF přistání 1; Mi Band 5	67
Graf 3.5.5.5: Hodnota TF přistání 1; Apple Watch	67

Graf 3.5.5.7: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5	68
Graf 3.5.5.8: Hodnota TF přistání 2; Apple Watch	68
Graf 3.5.5.9: Hodnota TF přistání 3; Mi Band 5	69
Graf 3.5.5.10: Hodnota TF přistání 3; Apple Watch	69
Graf 3.5.5.11: Hodnota TF přistání 4; Mi Band 5	69
Graf 3.5.5.12: Hodnota TF přistání 4; Apple Watch	69
Graf 3.5.6.1: koeficient klidové TF při přistání pilot č. 2	71
Graf 3.6.6.1: Krabicový graf pilot č. 3; Mi Band 5	75
Graf 3.6.6.2: Krabicový graf pilot č. 3; Apple Watch	75
Graf 3.6.6.3: Hodnota TF pilot č. 3; Mi Band 5	76
Graf 3.6.6.4: Hodnota TF pilot č. 3; Apple Watch	76
Graf 3.6.6.5: Hodnota TF přistání 1; Mi Band 5	77
Graf 3.6.6.6: Hodnota TF přistání 1; Apple Watch	77
Graf 3.6.6.7: Hodnota TF přistání 2; Mi Band 5	78
Graf 3.6.6.8: Hodnota TF přistání 2; Apple Watch	78
Graf 3.6.6.9: Hodnota TF přistání 3; Mi Band 5	79
Graf 3.6.6.10: Hodnota TF přistání 3; Apple Watch	79
Graf 3.6.6.11: Hodnota TF přistání 4; Mi Band 5	79
Graf 3.6.6.12: Hodnota TF přistání 4; Apple Watch	79
Graf 3.6.6.13: Hodnota TF přistání 5; Mi Band 5	80
Graf 3.6.6.14: Hodnota TF přistání 5; Apple Watch	80
Graf 3.6.6.15: Hodnota TF přistání 6; Mi Band 5	80
Graf 3.6.6.16: Hodnota TF přistání 6; Apple Watch	80
Graf 3.6.7.1: koeficient klidové TF při přistání pilot č. 3	82

Přílohy

Příloha I – Dotazník PSQ

Datum: Klikněte nebo klepněte sem a zadejte text.

Čas: Klikněte nebo klepněte sem a zadejte text.

	Skoro nikdy	Někdy	Často	Běžně
1. Cítím se odpočatý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Cítím, že na mě jsou kladeny příliš vysoké požadavky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cítím se podrážděný/mrzutý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Mám moc věcí na práci	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Cítím se osamělý/izolovaný	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ocítám se v konfliktních situacích	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Cítím, že dělám věci které mám rád	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Cítím se unavený	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Cítím, že nedosáhnou svých cílů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Cítím se klidný	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Musím učinit příliš mnoho rozhodnutí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Cítím se frustrovaný	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Cítím se plný energie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Cítím se napjatý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Mé problémy se kupí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Jsem ve spěchu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Cítím se v bezpečí a ochráněný	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Mám mnoho starostí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Cítím, že na mě ostatní vyvíjejí tlak	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Cítím se odrazený	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Užívám si	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Mám obavy z budoucnosti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Cítím, že dělám věci protože musím, ne protože chci	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Cítím se kritizovaný/odsuzovaný	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Cítím se veselý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Cítím se duševně vyčerpaný	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Mám problémy s odpočíváním	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Cítím se zahlcený povinnostmi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Mám dostatek času pro sebe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Cítím se pod tlakem od termínů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Příloha II – Dotazník PSS

Datum: Klikněte nebo klepněte sem a zadejte text.

Čas: Klikněte nebo klepněte sem a zadejte text.

1. Rozrušila mě neočekávaná událost

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

2. Neměl jsem kontrolu nad důležitými věcmi v mém životě

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

3. Cítil jsem se ve stresu/nervózní

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

4. Měl jsem pocit schopnosti ovládnout osobní problémy

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

5. Měl jsem pocit, že se mi dařilo

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

6. Měl jsem pocit, že nezvládnu své povinnosti

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

7. Byl jsem schopný ovládat svá trápení/podráždění

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

8. Cítil jsem, že jsem byl nad věcí

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

9. Rozčilil jsem se, protože se stalo něco co jsem nemohl ovládnout

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

10. Obtíže se kupily tak, že jsem je nedokázal překonat

Nikdy ☐ Skoro nikdy ☐ Někdy ☐ Často ☐ Velmi často ☐

Příloha III – Dotazník Využití chytré elektroniky pro měření stresu v pilotní kabině

Část I. Pilotní praxe

Tato část se bude zabývat osobními informacemi o jedinci, jeho/její dosavadní pilotní praxí a stresem.

povinná otázka

1. Pohlaví

- ☐ Žena
- ☐ Muž
- ☐ Nechci uvádět

povinná otázka

2. Věk

- ☐ mladší 20
- ☐ 20–29
- ☐ 30–39
- ☐ 40–49
- ☐ 50–59
- ☐ 60 a starší

povinná otázka

3. Hodinový nálet

- ☐ 0–50
- ☐ 51–100
- ☐ 101–150
- ☐ 151–200
- ☐ 201–250
- ☐ 251–500
- ☐ 501–750
- ☐ 751–1000
- ☐ 1000+

povinná otázka

4. Počet přistání

- ☐ 1-50
- ☐ 51-100
- ☐ 101-150
- ☐ 151-200
- ☐ 201-300
- ☐ 301-400
- ☐ 401-500
- ☐ 501-750
- ☐ 751-1000
- ☐ 1001-1500
- ☐ 1500+

povinná otázka

5. Vnímáte vliv životního stresu (nevyvolaného létáním) na let?

- ☐ Ano, alespoň někdy
- ☐ Ne, nikdy

povinná otázka

6. Pociťujete při při/před přistáním zvýšení stresu?

- ☐ Ano, vždy
- ☐ Ano, někdy
- ☐ Ne, nikdy
- ☐ Jiné (prosím upřesněte):

Seřad'te stresové faktory od **nejrušivějšího (1)** po **nejméně rušivý (8)**. Pokud Vás napadá další faktor, zařad'te jej v odpovědi další na správné pořadí a prosím rozved'te odpověď v otázce 9. Pokud Vás další faktor nenapadá, přiřad'te odpovědi pořadí 8 a otázku 9 nevyplňujte.

Pořadí lze zvolit pouze jednou. Pokud ji zvolíte u jiné varianty, vymaže se u původní a je potřeba zvolit u původní jinou.

povinná otázka

7. Jaké faktory Vám nejvíce zvyšují stres při přistání:

Zvolte prosím u každé odpovědi nějaké (jedinečné) pořadí:

Boční vítr:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Termické poryvy:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Přistání proti slunci:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Snížená dohlednost(Srážky, Oslnění sluncem):	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Vysoká hustota provozu:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Neznámé letiště:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Přistání s pasažéry na palubě:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>
Další – prosím rozved'te v další otázce:	1. <input type="radio"/>	2. <input type="radio"/>	3. <input type="radio"/>	4. <input type="radio"/>	5. <input type="radio"/>	6. <input type="radio"/>	7. <input type="radio"/>	8. <input type="radio"/>

nepovinná otázka

8. Doplnění předchozí otázky

(text)

povinná otázka

9. Přítomnost instruktora na palubě:

- ☐ Mě uklidňuje
- ☐ Mě znervozňuje
- ☐ Na mě nemá efekt

Část II. Nositelná elektronika (Wearables)

U nositelné elektroniky se jedná o miniaturizovanou elektroniku, která je nošena na povrchu těla, nebo oblečení. Nositelná elektronika zaznamenává údaje týkající se jejich nositele a liší se dle daného přístroje a v něm obsažených senzorů.

Řadí se sem: Chytré hodinky, fitness náramky, hrudní pásy, pulzní oxymetry, sporttestery, lokátory, SOS tlačítka a další.

povinná otázka

10. Máte povědomí o tzv. Wearables?

- ☐ Ano, vlastním nějaký takovýto přístroj
- ☐ Ano, ale žádný nevlastním
- ☐ Ne
- ☐ Jiné – prosím upřesněte:

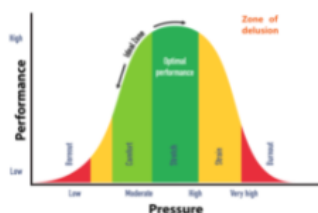
povinná otázka

11. Používáte nositelnou elektroniku při letu?

- ☐ Ano, alespoň někdy
- ☐ Ne, nikdy

Při různých výzkumech byl zkoumán vliv stresu na výkonnost jedince a to i v pilotním prostředí. Zřejmě každý, kdo absolvoval předmět lidská výkonnost a omezení" zná křivku závislosti výkonnosti na tlaku, viz níže.

Předpokládejme, že by měření stresu za letu mělo prokázané benefity a dokázali bychom se díky němu udržet v zóně maximální výkonnosti:



povinná otázka

12. Byl/a byste ochotný/á nosit nějaký takový přístroj při letu?

- ☐ Ano
☐ Ne

Excesivní stres má prokazatelně negativní účinky na schopnost učit se a vstřebávat informace. **Pokud by se vyhodnocením naměřených dat dal snížit čas výcviku a přispět k lepšímu vytvoření motorických vzorců.** Za předpokladu, že bych chtěl podstoupit další výcvik:

povinná otázka

13. Dal/a bych přednost škole využívající tyto technologie

SOUHLASÍM

SPÍŠE SOUHLASÍM

NEVÍM

SPÍŠE NESOUHLASÍM

NESOUHLASÍM

povinná otázka

14. Byl bych ochotný si takovýto přístroj pořídit

SOUHLASÍM

SPÍŠE SOUHLASÍM

NEVÍM

SPÍŠE NESOUHLASÍM

NESOUHLASÍM